Министерство образования и науки Челябинской области

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение

**«Южно-Уральский государственный технический колледж»**

**МДК 03.01 ВНЕШНЕЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ**

**ПРОМЫШЛЕННЫХ И ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ**

**Методические рекомендации**

**по выполнению практических работ**

для студентов специальности 08.02.09 Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий

ФП «ПРОФЕССИОНАЛИТЕТ»

Челябинск, 2022

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Методические рекомендации составлены в соответствии с программой  профессионального модуля ПМ 03 «Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрических сетей» утвержденной в 2021 г. | ОДОБРЕНО  Предметной (цикловой)  комиссией  протокол №  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_202\_\_ г.  Председатель ПЦК  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/ С.А.Чиняева / | УТВЕРЖДАЮ  Зам. директора по НМР  \_\_\_\_\_\_\_\_\_Т.Ю. Крашакова  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_202\_\_ г. |

**Согласовано:**

Пережогин А.А. – главный инженер ООО «УК Южуралэлектромонтаж-два»

**Автор(ы):** Гнетова С.Н. преподаватель Южно-Уральского государственного технического колледжа

## **.**

**Содержание**

|  |  |
| --- | --- |
| Пояснительная записка | 4 |
| **Практическая работа № 1**Выполнение генерального плана объекта с использованием компьютерных графических редакторов | 6 |
| **Практическая работа № 2**  Расчет наружного освещения | 12 |
| **Практическая работа № 3**  Расчет токов короткого замыкания в электрических сетях напряжением выше 1 кВ | 17 |
| **Практическая работа № 4**Выполнение схем трансформаторных подстанций с использованием компьютерных графических редакторов | 24 |
| **Практическая работа №5**  Выбор электрических аппаратов и токоведущих частей в сетях напряжением выше 1 кВ по условиям короткого замыкания | 27 |
| **Практическая работа №6**  Расчет электрических нагрузок предприятия | 46 |
| **Практическая работа №7**  Выполнение схем городских электрических сетей с использованием компьютерных графических редакторов | 49 |
| **Практическая работа №8**  Расчет электрических нагрузок микрорайона. Выбор числа и мощности трансформаторов подстанций | 52 |
| Список используемых источников | 56 |
| **Приложение А.** Титульный лист отчетных работ | 57 |

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

Данные методические рекомендации предназначены для реализации программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 08.02.09 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий» в рамках междисциплинарного курса МДК03.01 «Внешнее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» является частью профессионального модуля ПМ.03 «Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрических сетей» на этапе выполнения практических работ.

Программой МДК03.01 предусмотрено выполнение 8 практических работ. Содержание заданий практических работ направлено на ***формирование элементов следующих компетенций:***

ПК 3.4 Участвовать в проектировании электрических сетей.

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках;

***умений:***

- составлять отдельные разделы проекта производства работ;

- выполнять расчет электрических нагрузок электрических сетей, осуществлять выбор токоведущих частей на разных уровнях напряжения;

- выполнять проектную документацию с использованием персонального компьютера;

***обобщение, систематизацию, углубление и закрепление знаний:***

- номенклатуры наиболее распространенных воздушных проводов, кабельной продукции и электромонтажных изделий;

- основных методов расчета и условий выбора электрических сетей;

- технических характеристик элементов линий электропередачи и технические требования, предъявляемые к их работе;

- конструктивных особенностей и технических характеристик трансформаторных подстанций и распределительных пунктов, применяемых на сетях 0,4-20 кВ.

Для выполнения практических работ по МДК03.01 «Внешнее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» обучающийся должен использовать:

1. знания и умения, полученные при изучении следующих дисциплин и МДК специальности 08.02.09 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий»:

* математика;
* инженерная графика;
* электротехника;
* электрические машины;
* информационные технологии в профессиональной деятельности;

1. знания, полученные при изучении теоретического курса МДК03.01 «Внешнее электроснабжение промышленных и гражданских зданий»;

Сформированные элементы общих и профессиональных компетенций, а также полученные знания и умения при выполнении практических работ по МДК03.01 «Внешнее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» обучающиеся могут использовать:

1. при изучении МДК 02.01 «Монтаж электрооборудования промышленных и гражданских зданий» и МДК 02.03 «Наладка электрооборудования» ПМ.02 «Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрооборудования промышленных и гражданских здании»;
2. при изучении МДК03.02 «Монтаж и наладка электрических сетей» ПМ.03 «Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрических сетей»;
3. при подготовке к итоговой государственной аттестации по специальности 08.02.09 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий».

При выполнении практических заданий по МДК03.01 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» необходимо применять международную систему СИ и правила выполнения планов и электрических схем в соответствии со стандартами ЕСКД.

Результаты выполнения практических работ оформляются в виде отчетных работ.

Каждая отчетная работа обучающихся должна содержать следующие разделы:

1. номер, название и цель работы;
2. формулировка задания и исходные данные
3. описание последовательности выполнения задания (с формулами, расчетами, планами, схемами, таблицами и т.п.);
4. выводы по результатам выполнения практической работы.

Все отчетные работы по практическим работам представляются преподавателю в одной папке с титульным листом, оформленным в соответствии с Приложением А.

Разрешается выполнение отчетных работ в виде рабочей тетради по МДК03.01 «Внешнее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

Отчетные работы выполняются в установленные сроки и сдаются преподавателю на проверку. Каждая отчетная работа обязательно защищается. Оценка выставляется с учетом рекомендуемых критериев оценки выполнения.

***К промежуточной аттестации по МДК03.01 допускаются обучающиеся, полностью выполнившие все практические работы и защитившие отчетные работы.***

Для получения дополнительной, более подробной информации по основным вопросам МДК03.01 «Внешнее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» в конце методических рекомендаций приведен перечень информационных источников.

### Практическая работа № 1

**Выполнение генерального плана объекта**

**с использованием компьютерных графических редакторов**

*Цель работы*: научиться выполнять генеральный план объекта с использованием компьютерных графических редакторов в соответствии с требованиями нормативных документов.

**В результате выполнения практической работы формируются:**

*умения:*

- составлять отдельные разделы проекта производства работ;

- выполнять проектную документацию с использованием персонального компьютера;

*элементы следующих компетенций:*

ПК 3.4 Участвовать в проектировании электрических сетей.

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

***Теоретический материал***

Наиболее ярким представителями систем автоматизированного проектирования отечественных разработчиков в настоящее время являются системы:

1. КОМПАС-График;
2. AutoCad;
3. NanoCad.

Выполнение генеральных планов объектов с использованием представленных графических редакторов представляет собой применение стандартных элементов из типовых библиотек:

а) архитектурно-строительной;

б) СПДС-обозначений;

в) отрисовки планов зданий и сооружений;

г) проектирования инженерных систем (электрических сетей, вентиляции, отопления, водоснабжение - водоотведение, охранная и пожарная сигнализация и т.п.).

Рабочую документацию генеральных планов выполняют в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

В состав рабочей документации генерального плана включают:

а) рабочие чертежи генерального плана (основной комплект рабочих чертежей марки ГП. При объединении в одном основном комплекте рабочих чертежей генерального плана и сооружений транспорта основному комплекту рабочих чертежей присваивают марку ГТ);

б) эскизные чертежи общих видов нетиповых изделий, конструкций, устройств и малых архитектурных форм (далее - эскизные чертежи общих видов нетиповых изделий);

в) ведомость потребности в материалах - по ГОСТ 21.110-2013;

г) ведомость объемов строительных и монтажных работ - по ГОСТ 21.110-2013.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\* Выполняют при наличии указаний в договоре на выполнение проектных работ.

В состав основного комплекта рабочих чертежей генерального плана включают:

а) общие данные по рабочим чертежам;

б) разбивочный план;

в) план организации рельефа;

г) план земляных масс;

д) сводный план инженерных сетей;

е) план благоустройства территории;

ж) выносные элементы (фрагменты, узлы) по ГОСТ 21.101-2020\*\*.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\*\* Выполняют при большой насыщенности изображений

Рабочие чертежи основного комплекта выполняют на инженерно-топографическом плане (кроме чертежа плана земляных масс).

Допускается разбивочный план, сводный план инженерных сетей и план благоустройства территории выполнять без нанесения горизонталей рельефа местности.

Контуры проектируемых зданий и сооружений наносят на план по архитектурно-строительным рабочим чертежам, принимая координационные оси зданий и сооружений совмещенными с внутренними гранями стен.

Планы рабочих чертежей располагают длинной стороной условной границы территории вдоль длинной стороны листа, при этом северная часть территории должна находиться вверху. Допускается отклонение ориентации на север в пределах 90° влево или вправо. Планы, расположенные на разных листах, выполняют с одинаковой ориентацией.

При малой насыщенности изображений допускается совмещать несколько различных планов в один с присвоением ему соответствующего наименования.

Пример - «Разбивочный план и план организации рельефа», «План организации рельефа и земляных масс».

При большой насыщенности изображений плана благоустройства территории допускается выполнять несколько планов по видам работ с присвоением каждому плану соответствующего наименования.

Пример - «План озеленения», «План расположения малых архитектурных форм», «План проездов, тротуаров, дорожек и площадок».

Допускается делить план на несколько участков, размещая их на отдельных листах. В этом случае на каждом листе, где показан участок плана, приводят схему целого плана с разбивкой его на участки, указывают номера листов, на которых они размещены, и штриховкой обозначают участок, показанный на данном листе.

Рабочие чертежи генеральных планов допускается выпускать поэтапно - разработками по мере выполнения соответствующих рабочих чертежей зданий, сооружений проектируемого предприятия или жилищно-гражданского объекта.

В этом случае каждую разработку оформляют по состоянию на определенную дату с соответствующими дополнениями рабочих чертежей. Очередную разработку не рассматривают и не оформляют как внесение изменений.

Разработкам присваивают порядковые номера.

Изображения на чертежах генерального плана выполняют линиями по ГОСТ 2.303-68:

а) сплошными толстыми основными - контуры проектируемых зданий и сооружений (кроме зданий и сооружений на плане земляных масс), «красную» линию, проектные горизонтали с отметками, кратными 0,50 и 1,00 м;

б) штриховой тонкой - линии «нулевых» работ и перелома проектного рельефа;

в) штрихпунктирной очень толстой с двумя точками - условную границу территории проектируемого предприятия, здания, сооружения;

г) сплошной тонкой - проектируемые здания, сооружения на плане земляных масс и все остальные элементы генерального плана.

Планы рабочих чертежей выполняют в масштабах 1:500 или 1:1000, фрагменты планов - в масштабе 1:200, узлы **-** в масштабе 1:20.

Допускается планы выполнять в масштабе 1:2000, узлы - в масштабе 1:10.

Масштаб изображения указывают в основной надписи после наименования изображения.

Если на листе помещено несколько изображений, выполненных в разных масштабах, то масштабы указывают на поле чертежа под наименованием каждого изображения.

Система высотных отметок, принимаемая в рабочих чертежах генеральных планов, должна соответствовать системе высотных отметок, принятой на инженерно-топографическом плане.

Размеры, координаты и высотные отметки указывают в метрах с точностью до двух знаков после запятой.

Величину углов указывают в градусах с точностью до одной минуты, а при необходимости - до одной секунды.

Величину уклонов указывают в промилле без обозначения единицы измерения. Крутизну откосов указывают в виде соотношения единицы высоты откоса к горизонтальному положению.

Основные условные графические обозначения и изображения элементов генерального плана и сооружений транспорта принимают по ГОСТ 21.204-2020.

Малые архитектурные формы (например, беседки, навесы, фонтаны, скульптуры, перголы и т.д.) и другие конструкции, изделия, устройства (например, скамьи, урны и т. д.) выполняют упрощенно в масштабе чертежа ил и условными графическими обозначениями.

При выполнении рабочих чертежей генерального плана порядковые номера зданий и сооружений (в т. ч. ограждений, подпорных стенок, эстакад, галерей, тоннелей) принимают, как правило, по генеральному плану, разработанному на предыдущих стадиях проектирования.

Водоотводным сооружениям (канавам, лоткам, трубам) присваивают самостоятельные порядковые номера.

При объединении в одном основном комплекте чертежей генерального плана и сооружений транспорта железнодорожным путям и автомобильным дорогам присваивают самостоятельные порядковые номера.

Допускается не присваивать порядковые номера автомобильным дорогам и водоотводным сооружениям. В этом случае на плане указывают их координаты.

На планах (кроме плана земляных масс) приводят экспликацию зданий и сооружений по форме 3 (для генеральных планов предприятий производственного назначения) или ведомость жилых и общественных зданий и сооружений по форме 4 (для генеральных планов жилищно-гражданских объектов). Допускается экспликацию или ведомость зданий и сооружений приводить на листе общих данных по рабочим чертежам.

В графах экспликации зданий и сооружений указывают:

а) в графе «Номер на плане» - номер здания, сооружения;

б) в графе «Наименование» - наименование здания, сооружения;

в) в графе «Координаты квадрата сетки» - координаты нижнего левого угла квадрата строительной геодезической сетки, в пределах которого на изображении здания и сооружения нанесен его номер (при необходимости).

Пример оформления экспликации зданий и сооружений приведен на рисунке 1.

Форма 3

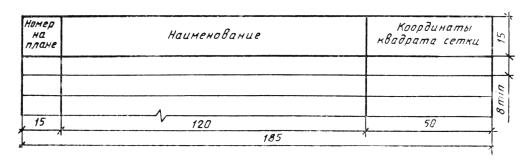
**Экспликация зданий и сооружений**

Рисунок 1 – Пример оформления экспликации зданий и сооружений

В графах ведомости жилых и общественных зданий и сооружений указывают:

а) в графе «Номер на плане» - номер здания, сооружения;

б) в графе «Наименование и обозначение» - наименование здания, сооружения с указанием обозначения индивидуального или типового проекта, проекта по каталогу;

в) в остальных графах - данные в соответствии с их наименованиями.

Пример оформления ведомости жилых и общественных зданий и сооружений приведен на рисунке 2.

Форма 4

**Ведомость жилых и общественных зданий и сооружений**

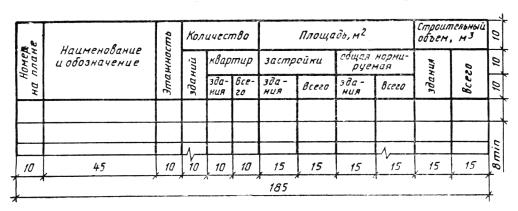
****

Рисунок 2 – Пример оформления ведомости жилых и общественных зданий и сооружений

Сводный план инженерных сетей выполняют на основе разбивочного плана, но без абсолютных отметок зданий, сооружений, привязки ворот и обозначения координационных осей зданий, сооружений.

При необходимости на плане наносят внешние контуры подошвы фундаментов проектируемых и существующих зданий, сооружений.

На изображениях автомобильных дорог и железнодорожных путей указывают только координаты или привязки их осей.

Инженерные сети выполняют условными графическими обозначениями по ГОСТ 21.204-2020.

На сводном плане инженерных сетей наносят и указывают:

а) коммуникационные сооружения для прокладки сетей;

б) подземные, наземные и надземные сети;

в) дождеприемные решетки, опоры и стойки коммуникационных сооружений.

Инженерные сети наносят по рабочим чертежам соответствующих основных комплектов с координатной или линейной привязкой оси сети на каждом характерном участке, с изображением компенсаторов, ниш, колодцев, камер и с указанием их обозначений.

Пример оформления сводного плана инженерных сетей приведен на рисунке 3.

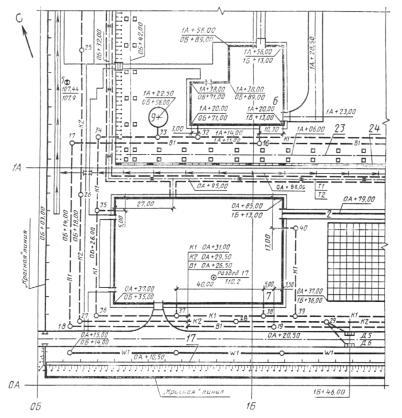


Рисунок 3 – Пример оформления сводного плана инженерных сетей

Для выполнения генеральных планов объектов с использованием компьютерных графических редакторов предлагается следующая последовательность:

1. создание документа типа «Чертеж»;
2. выбор параметров листа (формат и оформление);
3. создание вида (с выбором масштаба чертежа);
4. построение осевых линий (через «Менеджер библиотек»);
5. построение зданий объекта;
6. построение элементов ландшафтного дизайна;
7. выполнение инженерных сетей объекта;
8. расстановка размерных линий;
9. нанесение текстовых обозначений элементов плана;
10. выполнение спецификации;
11. заполнение штампов.

При выполнении задания необходимо использовать знания, полученные на дисциплине «Инженерная графика».

Для более подробного рассмотрения функций графического редактора «КОМПАС-График» рекомендуется использовать методические рекомендации фирмы-разработчика АСКОН «Азбука КОМПАС-График. Строительная конфигурация».

Пример заполнения основной надписи чертежа, выполненного с использованием графического редактора «КОМПАС-График», представлен на рисунке 4.

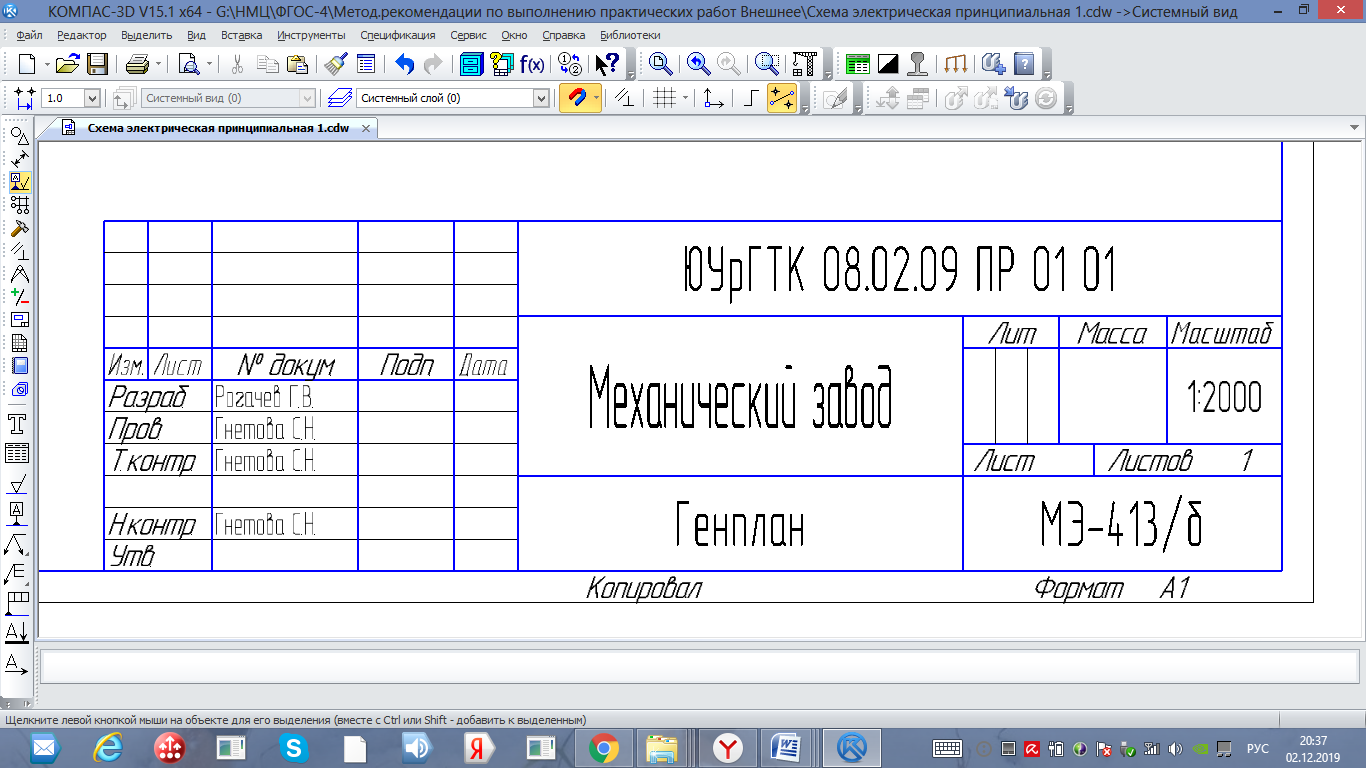


Рисунок 4 – Пример заполнения основной надписи чертежа

#### *Ход работы*

1. В соответствии с индивидуальным вариантом и используя алгоритм, представленный выше, выполните чертеж сводного плана инженерных сетей объекта с использованием графического редактора «КОМПАС-График».
2. Представьте результаты в виде файла готового к выводу на печать.
3. Оформите и сдайте отчетную работу преподавателю в установленные сроки.

*Примечание:* для выполнения практической работы можно использовать рабочую тетрадь по МДК03.01 «Внешнее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

### Практическая работа № 2

**Расчет наружного освещения**

*Цель работы*: научиться выполнять расчет системы наружного освещения

**В результате выполнения практической работы формируются:**

*умения:*

- составлять отдельные разделы проекта производства работ;

- выполнять проектную документацию с использованием персонального компьютера;

*элементы следующих компетенций:*

ПК 3.4 Участвовать в проектировании электрических сетей.

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

***Теоретический материал***

Установки наружного освещения – один из важнейших элементов благоустройства городов и населенных пунктов. Они во многом обеспечивают безопасность движения автотранспорта и пешеходов, зрительную ориентацию людей в пространстве улиц и площадей, а также внешний облик населенного пункта в темное время суток.

Освещение потребляет от 5% до 15% от вырабатываемой электроэнергии. В этой связи, с целью ее экономного расходования, необходимо стремиться к применению светильников с высоким КПД, применять современные конструкции аппаратуры и рациональных схем освещения.

Главные цели в области наружного освещения городов в настоящее время — это разработка новой концепции освещения городских пространств, учитывающей все зоны города:

а) улицы с проезжей частью и тротуарами;

б) дворовые проезды и пешеходные проходы до подъездов жилых зданий;

в) дворовые пространства – детские и спортивные площадки, зоны отдыха, стоянки автотранспорта и т. п.

При проектировании освещения проезжей части улиц и дорог в жилых кварталах города главной задачей является обеспечение безопасности движения пешеходов и транспорта. Проектирование уличного освещения должно учитывать факторы, влияющие на ориентацию участников дорожного движения, обеспечить комфорт и четкость восприятия зрительных ориентиров: знаков дорожного движения, наименований улиц и номеров домов, вывесок с наименованиями организаций. При проектировании наружного освещения жилых кварталов необходимо учитывать статистическое увеличение уличных преступлений в вечернее и ночное время. Опубликованы данные европейских исследований, которые подтверждают интуитивно ожидаемый результат: уличная преступность в городах снижается с ростом уровня освещенности.

В парках и зонах отдыха одна из важных задач освещения – создание комфортной обстановки для отдыхающих. Для решения этой задачи требуется профессиональный расчет системы уличного освещения территории в целом, а также ее отдельных особых зон. Например, массово посещаемых общественных центров. Следует учесть сложившуюся направленность зоны отдыха и состава основной массы ее посетителей при выборе технического исполнения осветительного оборудования: в ряде случаев следует использовать его антивандальные модели.

При этом важно производить учет совокупного влияния установок наружного освещения, включая освещение уличного пространства и зон общественного отдыха, освещение витрин магазинов и прочих осветительных устройств различного функционального назначения на формирование световой среды города в целом.

Наружное освещение магистралей и улиц городов является одним из основных элементов благоустройства. Искусственное освещение формирует вечернюю городскую среду, играет определяющую роль в создании комфортной и безопасной атмосферы для горожан. Основные количественные и качественные показатели наружного освещения регламентированы СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение».

Освещение улиц, дорог и площадей с регулярным транспортным движением в городских поселениях следует проектировать исходя из нормы средней яркости усовершенствованных покрытий согласно таблице 1.

1. Уровень освещения проезжей части улиц, дорог и площадей с переходными и низшими типами покрытий в городских поселениях регламентируется величиной средней горизонтальной освещенности, которая для улиц, дорог и площадей категории Б должна быть 6 лк, для улиц и дорог категории В при переходном типе покрытий – 4 лк и при покрытии низшего типа – 2 лк.

2. Дорожные покрытия относятся к усовершенствованным, переходным или низшим типам в соответствии с классификацией.

Примечания.

1 Средняя яркость покрытия скоростных дорог независимо от интенсивности движения транспорта принимается 1,6 кд/кв.м в черте города и 0,8 кд/кв.м вне города на подъездах к аэропортам, речным и морским портам крупнейших городов.

2 Средняя яркость или средняя освещенность покрытия проезжей части в границах транспортного пересечения в двух и более уровнях на всех пересекающихся магистралях должна быть как на основной из них, так и на съездах и ответвлениях в черте города – не менее 0,8 кд/кв. м, или 10 лк.

В проектах наружного освещения улиц и дорог категорий А и Б следует предусматривать освещение участков неосвещенных примыкающих улиц и дорог (по нормам освещения этих улиц и дорог) длиной 100 м. Нормы освещения разрешается увеличивать в столицах суверенных республик, городах-героях, исторических, курортных и портовых городах республиканского значения, а также в крупнейших и крупных городах: а) на 0,2–0,4 кд/кв. м – для осветительных установок улиц, дорог и площадей категорий А и Б с усовершенствованными типами покрытий; б) до 20 лк – для осветительных установок непроезжих частей площадей категорий А и Б и предзаводских площадей, главных входов стадионов и выставок; в) до 10 лк – для осветительных установок улиц и дорог категории Б с переходными типами покрытий и главных входов общегородских парков.

В ночное время допускается предусматривать снижение уровня наружного освещения городских улиц, дорог и площадей при нормируемой средней освещенности 4 лк, или средней яркости 0,4 кд/кв. м и более путем включения не более половины светильников, исключая при этом выключения двух подряд расположенных, или с помощью регулятора светового потока разрядных ламп высокого давления до уровня не ниже 50% номинального без отключения светильников.

Допускается с целью получения дополнительной экономии электроэнергии в вечернее и утреннее темное время суток снижать регулятором уровень освещения: на 30% при уменьшении интенсивности движения до 1/3 максимальной величины; на 50% при уменьшении интенсивности до 1/5 максимальной величины.

На улицах и дорогах при нормируемых величинах средней яркости 0,3 кд/кв.м, или средней освещенности 4 лк и менее, на пешеходных мостиках, автостоянках, пешеходных аллеях и дорогах, внутренних, служебно-хозяйственных и пожарных проездах, а также на улицах и дорогах сельских поселений частичное или полное отключение освещения в ночное время не допускается.

Расчет наружного освещения заключается в определении расстояния между светильниками (шага светильников). Светотехнический расчет выполняется по методу коэффициента использования светового потока по формуле

где L – нормируемая яркость покрытия, кд/м2;

– коэффициент запаса (принимается 1,3 – для ламп накаливания и 1,5 – для разрядных ламп);

– коэффициент использования светового потока (определяется по таблице 1 в зависимости от типа ламп, угла наклона светильника, характеристики покрытия, отношения ширины дороги к высоте к высоте установки светильников).

Таблица 1 – Значение коэффициента использования светильников

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип  светильника | Покрытие | Угол  наклона  светильника, град | Коэффициент использования  светильников по яркости  при отношении ширины дороги  к высоте установки светильника, *b*/*h* | | | | | |
| 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 |
| НКУ 01-200  РТУ01-125  РТУ01-125  РТУ02-250  РТУ02-250  РКУ01-125  РКУ01-250  РКУ01-250  РКУ01-400  РКУ01-400  ГКУ02-250  ГКУ02-250  ГКУ02-400  ГКУ02-400  ЖКУ02-250  ЖКУ02-250  ЖКУ02-400  ЖКУ02-400 | Гладкое  Гладкое  Шероховатое  Гладкое  Шероховатое  Гладкое  Гладкое  Шероховатое  Гладкое  Шероховатое  Гладкое  Шероховатое  Гладкое  Шероховатое  Гладкое  Шероховатое  Гладкое  Шероховатое | 15  0  0  0  0  15  15  15  15  15  15  15  15  15  15  15  15  15 | 0,034  0,023  0,018  0,017  0,012  0,041  0,046  0,044  0,046  0,041  0,065  0,054  0,060  0,051  0,064  0,053  0,056  0,045 | 0,049  0,038  0,028  0,029  0,018  0,063  0,070  0,065  0,072  0,062  0,099  0,079  0,093  0,074  0,098  0,076  0,086  0,070 | 0,056  0,043  0,032  0,033  0,022  0,075  0,078  0,073  0,081  0,070  0,109  0,087  0,105  0,083  0,109  0,085  0,096  0,079 | 0,061  0,045  0,035  0,034  0,024  0,082  0,083  0,077  0,086  0,075  0,115  0,092  0,111  0,088  0,114  0,090  0,102  0,084 | 0,065  0,048  0,037  0,036  0,026  0,085  0,086  0,080  0,089  0,078  0,117  0,094  0,115  0,091  0,118  0,092  0,105  0,086 | 0,066  0,049  0,039  0,037  0,027  0,086  0,087  0,081  0,091  0,079  0,119  0,095  0,117  0,093  0,120  0,094  0,107  0,88 |

По рассчитанному световому потоку Ф и световому потоку, предварительно выбранных ламп, определяется расстояние между светильниками

где *S* – площадь, которую могут осветить лампы, м2;

*b* – ширина проезда (улицы), м.

***Пример:*** Выполнить расчет электрического освещения проезжей части территории промышленного предприятия с шероховатым покрытием и определить шаг светильников типа РКУ01-250 с лампой ДРЛ-250, если:

а) ширина проезжей части – 6 метров:

б) высота установки светильников – 9 метров;

в) нормируемая яркость покрытия – 0,4 кд/м2

***Решение***

Отношение ширины проезжей части к высоте установке светильников:

Коэффициент использования светового потока по таблице 1 для отношения

Расчетный световой поток

Площадь, освещаемая лампами при расположении светильников рядами

где – количество рядов светильников, шт;

– световой поток предварительно выбранной лампы, лм;

– расчетный световой поток, лм.

Шаг светильников

***Вывод:*** Электрического освещения проезжей части территории промышленного предприятия шириной 6 метров с шероховатым покрытием выполняется светильниками типа РКУ01-250 с лампой ДРЛ-250 установленными на высоте 9 метров. Шаг установки светильников – 45 метров.

#### *Ход работы*

1. В соответствии с индивидуальным вариантом задания, представленным в таблице 2, и примера расчета, приведенного выше, выполните расчет наружного освещения.
2. Представьте результаты в виде файла готового к выводу на печать.
3. Оформите и сдайте отчетную работу преподавателю в установленные сроки.

*Примечание:* для выполнения практической работы можно использовать рабочую тетрадь по МДК03.01 «Внешнее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

Таблица 2 - Исходные данные для практической работы №2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Тип  светильника | Покрытие | Ширина  проезжей  части, м | Высота  установки светильников | Нормируемая яркость  покрытия, кд/м2 |
|  | НКУ 01-200 | Гладкое | 5 | 7 | 0,4 |
|  | РТУ01-125 | Гладкое | 5 | 8 | 0,4 |
|  | РТУ01-125 | Шероховатое | 5 | 9 | 0,4 |
|  | РТУ02-250 | Гладкое | 5,5 | 7 | 0,4 |
|  | РТУ02-250 | Шероховатое | 5,5 | 8 | 0,4 |
|  | РКУ01-125 | Гладкое | 5,5 | 9 | 0,4 |
|  | РКУ01-250 | Гладкое | 6 | 7 | 0,4 |
|  | РКУ01-250 | Шероховатое | 6 | 8 | 0,4 |
|  | РКУ01-400 | Гладкое | 6 | 9 | 0,4 |
|  | РКУ01-400 | Шероховатое | 6,5 | 7 | 0,4 |
|  | ГКУ02-250 | Гладкое | 6,5 | 8 | 0,4 |
|  | ГКУ02-250 | Шероховатое | 6,5 | 9 | 0,4 |
|  | ГКУ02-400 | Гладкое | 7 | 7 | 0,4 |
|  | ГКУ02-400 | Шероховатое | 7 | 8 | 0,4 |
|  | ЖКУ02-250 | Гладкое | 7 | 9 | 0,4 |
|  | ЖКУ02-250 | Шероховатое | 7,5 | 7 | 0,4 |
|  | ЖКУ02-400 | Гладкое | 7,5 | 8 | 0,4 |
|  | ЖКУ02-400 | Шероховатое | 7,5 | 9 | 0,4 |
|  | НКУ 01-200 | Гладкое | 8 | 7 | 0,4 |
|  | РТУ01-125 | Гладкое | 8 | 8 | 0,4 |
|  | РТУ01-125 | Шероховатое | 8 | 9 | 0,4 |
|  | РТУ02-250 | Гладкое | 8,5 | 7 | 0,4 |
|  | РТУ02-250 | Шероховатое | 8,5 | 8 | 0,4 |
|  | РКУ01-125 | Гладкое | 8,5 | 9 | 0,4 |
|  | РКУ01-250 | Гладкое | 9 | 7 | 0,4 |
|  | РКУ01-250 | Шероховатое | 9 | 8 | 0,4 |
|  | РКУ01-400 | Гладкое | 9 | 9 | 0,4 |
|  | РКУ01-400 | Шероховатое | 9,5 | 7 | 0,4 |
|  | ГКУ02-250 | Гладкое | 9,5 | 8 | 0,4 |
|  | ГКУ02-250 | Шероховатое | 9,5 | 9 | 0,4 |
|  | ГКУ02-400 | Гладкое | 9,2 | 7 | 0,4 |
|  | ГКУ02-400 | Шероховатое | 9,2 | 8 | 0,4 |

###### **Практическая работа № 3**

**Расчет токов короткого замыкания в электрических сетях выше 1 кВ**

*Цель работы:* научиться выполнять расчет токов симметричного трехфазного короткого замыкания в электрических сетях напряжением выше 1кВ (используя справочную литературу) по заданной схеме электроснабжения.

**В результате выполнения практической работы формируются:**

*умения:*

- составлять отдельные разделы проекта производства работ;

- выполнять расчет электрических нагрузок электрических сетей, осуществлять выбор токоведущих частей на разных уровнях напряжения;

- выполнять проектную документацию с использованием персонального компьютера;

*знания:*

- номенклатуры наиболее распространенных воздушных проводов, кабельной продукции и электромонтажных изделий;

- основных методов расчета и условий выбора электрических сетей;

- технических характеристик элементов линий электропередачи и технические требования, предъявляемые к их работе;

*элементы следующих компетенций:*

ПК 3.4 Участвовать в проектировании электрических сетей.

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

***Теоретический материал***

Для электроустановок характерны четыре режима работы:

а) нормальный;

б) аварийный;

в) послеаварийный;

г) ремонтный.

Электрооборудование выбирается по параметрам продолжительных режимов и проверяется по параметрам кратковременных режимов, определяющим из которых является режим короткого замыкания (КЗ).

***Короткое замыкание*** *–* всякое случайное или преднамеренное, не предусмотренное нормальным режимом работы, электрическое соединение различных точек электроустановки между собой или землей, при котором токи в ветвях электроустановки резко возрастают, превышая наибольший допустимый ток продолжительного режима.

По режиму КЗ электрооборудование проверяется на электродинамическую и термическую стойкость, а коммутационные аппараты – также на коммутационную способность.

При проверке электрических аппаратов и жестких проводников вместе с относящимися к ним поддерживающими и опорными конструкциями на электродинамическую стойкость расчетным видом КЗ является трехфазное симметричное КЗ. При этом допускается не учитывать механические колебания шинных конструкций.

При проверке проводников и электрических аппаратов на термическую стойкость расчетным видом КЗ в общем случае является трехфазное симметричное КЗ.

При проверке электрических аппаратов на коммутационную способность расчетным видом КЗ может быть трехфазное или однофазное КЗ в зависимости от того, при каком виде КЗ ток КЗ имеет наибольшее значение. Если для выключателей задается разная коммутационная способность при трехфазных и однофазных КЗ, то проверку следует производить отдельно по каждому виду КЗ.

Учитывая дискретный характер изменения параметров электрооборудования, расчет токов КЗ для его проверки допускается производить приближенно, с принятием ряда допущений, при этом погрешность расчета токов КЗ не должна превышать 5 – 10%.

Расчет токов КЗ в системе электроснабжения промышленных предприятий производится упрощенным способом с рядом допущений:

а) трехфазная система является симметричной;

б) индуктивные сопротивления в процессе КЗ не изменяются;

в) фазы всех ЭДС источников не изменяются в процессе КЗ;

г) напряжение на шинах источника принимают неизменным, т.к. точки КЗ обычно удалены от источника;

д) апериодическая составляющая тока КЗ не подсчитывается, т.к. длительность КЗ в удаленных точках превышает 0,15 с (апериодическая составляющая тока КЗ за это время затухает).

Для расчета токов КЗ составляется ***расчетная схема*** – упрощенная однолинейная схема электроустановки, в которой учитываются:

а) все источники питания (генераторы, синхронные компенсаторы, энергосистемы);

б) трансформаторы;

в) воздушные и кабельные линии;

г) реакторы.

Если параметры генераторов, трансформаторов и других элементов в наиболее удаленной от точки КЗ части энергосистемы неизвестны, то эту часть системы допускается представлять на исходной расчетной схеме в виде одного источника энергии с неизменной по амплитуде ЭДС и результирующим эквивалентным индуктивным сопротивлением.

Электродвигатели, для которых расчетное КЗ является удаленным, в расчетную схему не вводятся.

Расчетные условия КЗ, т.е. наиболее тяжелые, но достаточно вероятные условия КЗ, формируются на основе опыта эксплуатации электроустановок, анализа отказов электрооборудования и последствий КЗ.

Расчетные условия КЗ определяются индивидуально для каждого элемента энергетической системы. Для однотипных по параметрам и схеме включения элементов допускается использовать аналогичные расчетные условия.

Ток КЗ для выбора токоведущих частей и аппаратов рассчитывается при нормальном режиме работы электроустановки: параллельное включение всех источников, параллельная или раздельная работа трансформаторов и линий. Параллельная или раздельная работа зависит от режима работы секционного выключателя на подстанциях: при отключенном секционном выключателе на двухтрансформаторной подстанции в расчете токов КЗ будет учтено сопротивление только одного трансформатора. Возможные ремонтные режимы: отключение генераторов, трансформаторов, линий в расчете токов КЗ не учитываются. Кратковременное включение трансформаторов на параллельную работу в процессе переключений на подстанции в расчете токов КЗ также не учитываются.

По расчетной схеме составляется ***схема замещения***, в которой указываются сопротивления всех элементов и намечаются точки для расчета токов КЗ.

Расчетная точка КЗ находится непосредственно с одной или с другой стороны от рассматриваемого элемента электроустановки в зависимости от того, когда для него создаются наиболее тяжелые условия в режиме КЗ. Случаи двойных коротких замыканий на землю допускается в общем случае не учитывать.

При проверке кабелей на термическую стойкость расчетной точкой КЗ является:

а) для одиночных кабелей одной строительной длины – точка КЗ в начале кабеля;

б) для одиночных кабелей со ступенчатым соединением по длине – точка КЗ в начале каждого участка нового сечения кабеля;

в) для двух и более параллельно включенных кабелей одной кабельной линии – в начале каждого кабеля.

Генераторы, трансформаторы большой мощности, воздушные линии, реакторы обычно представляются в схеме замещения их индуктивными сопротивлениями, т.к. активные сопротивления во много раз меньше индуктивных.

Кабельные линии напряжением 6 – 10 кВ, трансформаторы мощностью 1600 кВА и менее в схеме замещения представляются индуктивными и активными сопротивлениями.

Все сопротивления подсчитываются в именованных единицах (Ом) или в относительных единицах. Способ подсчета сопротивлений на результаты расчета токов КЗ не влияет.

Для расчета сопротивлений задаются базовыми величинами:

а) базовым напряжением Uб;

б) базовой мощностью Sб.

За базовое напряжение принимают среднее номинальное напряжение той ступени, где происходит расчет токов КЗ (таблица 3).

За базовую мощность для удобства подсчетов принимают 100, 1000 МВА или мощность энергетической системы.

Таблица 3 – Номинальные и средние напряжения системы электроснабжения

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номинальное  напряжение  Uном, кВ | Среднее  напряжение  Uср, кВ | Номинальное  напряжение  Uном, кВ | Среднее  напряжение  Uср, кВ |
| 0,22 | 0,23 | 10 | 10,5 |
| 0,38 | 0,4 | 35 | 37 |
| 0,66 | 0,69 | 110 | 115 |
| 6 | 6,3 | 220 | 230 |

Расчетные формулы для определения сопротивлений элементов схем электроустановок приведены в таблице 4. Пользуясь этой таблицей, следует обратить внимание на примечания.

Исходные параметры элементов схемы Uк%, Рк, х0, r0 определяются по справочным данным и варианту задания практической работы.

Преобразование схемы замещения позволяет определить результирующее сопротивление от источника до точки КЗ. Наиболее часто используют простейшие преобразования:

а) последовательное соединение двух или более сопротивлений;

б) параллельное соединение двух сопротивлений;

в) параллельное соединение трех и более сопротивлений;

г) преобразование треугольника в звезду;

д) преобразование звезды в треугольник.

Таблица 4 – Расчетные формулы для определения сопротивлений

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Элемент электроустановки и исходные параметры | Расчетные формулы | |
| именованные единицы, Ом | относительные единицы |
| Генератор  хd% |  |  |
| Энергосистема  Iотк.ном, кА  Sк, Sном, МВА  х\*с.ном |  |  |
| Двухобмоточный трансформатор  Sном, МВА  Uк%,  Рк, кВт |  |  |
| с учетом активного сопротивления | |
|  |  |
| Трехфазный трансформатор  с расщепленной обмоткой НН  Sном, МВА  uк В-Н% |  |  |
| Реактор  хр, Ом |  |  |
| Сдвоенный реактор  хр, Ом  kсв |  |  |
| Линия  х0, Ом/км  r0, Ом/км  l, км |  |  |

*Примечание*: Sб – базовая мощность, МВА;

Uб – базовое напряжение, кВ;

Uср – среднее напряжение в месте установки данного элемента, кВ.

Преобразования схемы выполняются в направлении от источника к точке КЗ.

При расчете сопротивлений в именованных единицах (Ом) ток трехфазного симметричного КЗ , кА, определяется по формуле:

,

где Uср – среднее напряжение той ступени, где находится точка КЗ, кВ;

хрез – результирующее индуктивное сопротивление от источника до точки КЗ, Ом.

Если необходимо учитывать активное сопротивление, то ток трехфазного симметричного КЗ , кА, определяется по формуле:

,

где zрез – полное результирующее сопротивление от источника до точки КЗ, Ом.

При расчете сопротивлений в относительных единицах ток трехфазного симметричного КЗ , кА, определяется по формуле:

 или ,

где Iб – базовый ток на ступени напряжения точки КЗ, кА.

.

Ударный ток симметричного трехфазного КЗ , кА, определяется по формуле:

,

где kу – ударный коэффициент тока КЗ (таблица 5).

Таблица 5 – Значения постоянной времени затухания апериодической составляющей тока КЗ и ударного коэффициента

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Место КЗ | Постоянная  времени  затухания  апериодической  составляющей  тока КЗ Та, с | Ударный  коэффициент  kу |
| За блоком генератор-трансформатор при мощности  генератора, МВт:   * 60 * 100 – 200 * 300 | 0,15  0,26  0,32 | 1,935  1,965  1,977 |
| За воздушными линиями напряжением, кВ:   * 35 – 110 * 220 | 0,02  0,03 | 1,608  1,717 |

Продолжение таблицы 5

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Место КЗ | Постоянная  времени  затухания  апериодической  составляющей  тока КЗ Та, с | Ударный  коэффициент  kу |
| За понижающим трансформатором мощностью, МВА:   * 80 * 32 – 63 * менее 32 | 0,06  0,05  0,045 | 1,85  1,82  1,8 |
| Распределительные сети 6 – 10 кВ | 0,01 | 1,369 |

***Ход работы***

1. Согласно индивидуальному варианту задания практической работы определите основные характеристики элементов системы электроснабжения по таблице 6.

Таблица 6 – Исходные данные для практической работы №3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Напряжения сети, кВ | | | Энергосистема | | Трансформатор ГПП | | |
| U1 | U2 | U3 | Sсис, МВА | хсис\* | Sном, МВА | Uк% | Рк, кВт |
| 1 | 220 | 6 | 0,4 | 360 | 0,15 | 32 | 11,5 | 150 |
| 2 | 110 | 10 | 0,4 | 360 | 0,2 | 6,3 | 10,5 | 44 |
| 3 | 35 | 6 | 0,4 | 430 | 0,21 | 25 | 10,5 | 115 |
| 4 | 220 | 10 | 0,4 | 300 | 0,15 | 25 | 12,5 | 130 |
| 5 | 110 | 6 | 0,4 | 400 | 0,17 | 125 | 10,5 | 400 |
| 6 | 35 | 10 | 0,4 | 350 | 0,18 | 32 | 12,7 | 145 |
| 7 | 220 | 6 | 0,4 | 350 | 0,16 | 40 | 11,5 | 170 |
| 8 | 110 | 10 | 0,4 | 400 | 0,2 | 80 | 11 | 310 |
| 9 | 35 | 6 | 0,4 | 350 | 0,2 | 40 | 12,5 | 170 |
| 10 | 220 | 10 | 0,4 | 320 | 0,18 | 40 | 11,5 | 170 |
| 11 | 110 | 6 | 0,4 | 300 | 0,17 | 25 | 10,5 | 120 |
| 12 | 35 | 10 | 0,4 | 240 | 0,23 | 25 | 10,5 | 115 |
| 13 | 220 | 6 | 0,4 | 300 | 0,19 | 32 | 11,5 | 150 |
| 14 | 110 | 10 | 0,4 | 420 | 0,25 | 40 | 10,5 | 170 |
| 15 | 35 | 6 | 0,4 | 345 | 0,18 | 32 | 12,7 | 145 |
| 16 | 220 | 10 | 0,4 | 400 | 0,21 | 40 | 12,5 | 220 |
| 17 | 110 | 6 | 0,4 | 300 | 0,2 | 63 | 10,5 | 245 |
| 18 | 35 | 10 | 0,4 | 450 | 0,18 | 40 | 12,5 | 170 |
| 19 | 220 | 6 | 0,4 | 400 | 0,22 | 40 | 12,5 | 220 |
| 20 | 110 | 10 | 0,4 | 310 | 0,16 | 25 | 10,5 | 120 |
| 21 | 35 | 6 | 0,4 | 310 | 0,16 | 32 | 12,7 | 145 |
| 22 | 220 | 10 | 0,4 | 300 | 0,14 | 25 | 12,5 | 130 |
| 23 | 110 | 6 | 0,4 | 200 | 0,12 | 10 | 10,5 | 58 |
| 24 | 35 | 10 | 0,4 | 260 | 0,18 | 32 | 12,7 | 145 |
| 25 | 220 | 6 | 0,4 | 400 | 0,13 | 40 | 12,5 | 220 |
| 26 | 110 | 10 | 0,4 | 300 | 0,17 | 16 | 10,5 | 85 |
| 27 | 35 | 6 | 0,4 | 200 | 0,15 | 25 | 10,5 | 115 |
| 28 | 220 | 10 | 0,4 | 550 | 0,23 | 80 | 11 | 315 |
| 29 | 110 | 6 | 0,4 | 400 | 0,25 | 80 | 10,5 | 310 |
| 30 | 35 | 10 | 0,4 | 250 | 0,16 | 25 | 10,5 | 115 |

1. Используя рисунок 5 и исходные данные практической работы, составьте расчетную схему электрической сети и укажите характеристики элементов системы электроснабжения.

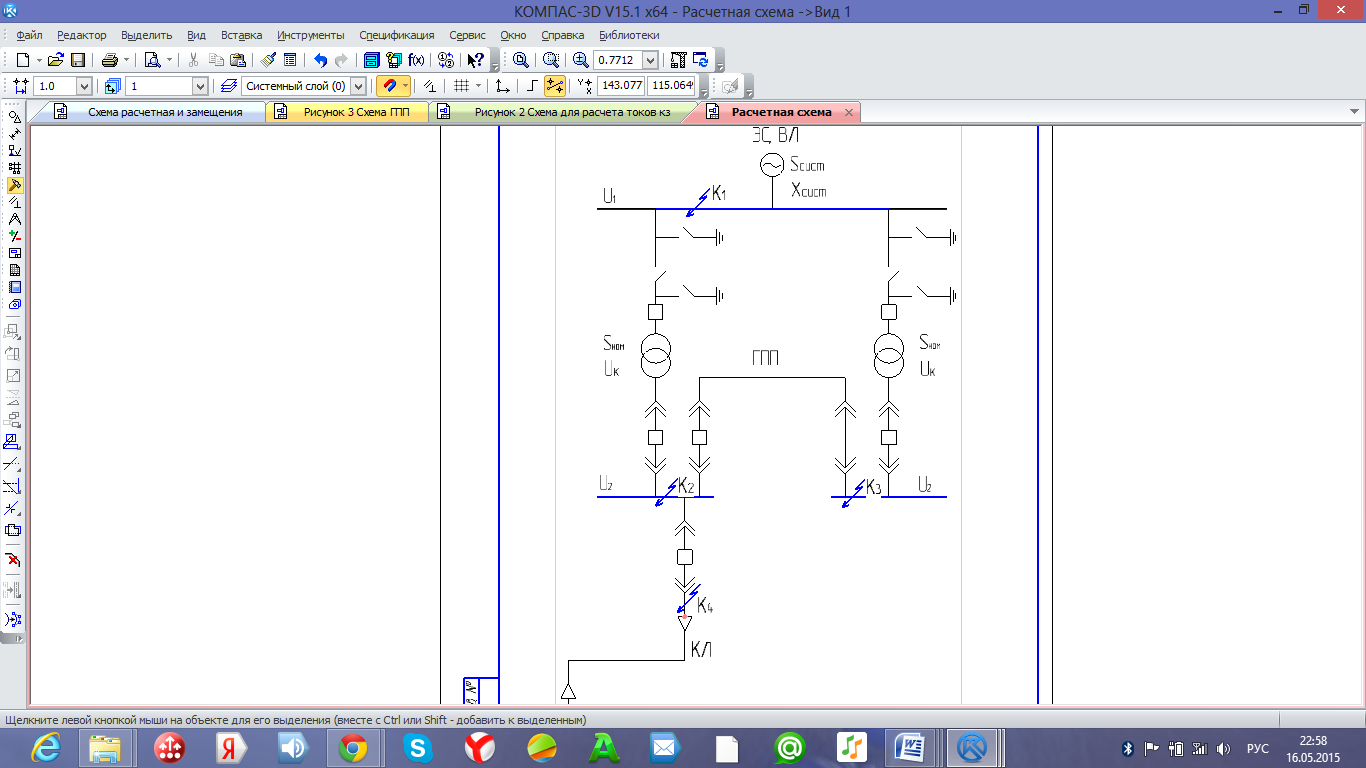


Рисунок 5 – Схема ГПП

1. Составьте схему замещения для расчета токов трехфазного симметричного короткого замыкания для заданных расчетных точек.
2. Укажите в схеме замещения числовые значения сопротивлений элементов системы электроснабжения и номинальные напряжения на всех уровнях системы электроснабжения.
3. Рассчитайте результирующие сопротивления до расчетных точек КЗ.
4. Определите действующие и мгновенные значения токов трехфазного симметричного короткого замыкания в заданных расчетных точках.
5. Результаты расчета укажите в расчетной схеме электрической сети.
6. Сдайте отчетную работу преподавателю в установленные сроки.

*Примечание:* для выполнения практической работы можно использовать рабочую тетрадь по МДК03.01 «Внешнее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

### Практическая работа № 4

**Выполнение схем трансформаторных подстанций**

**с использованием компьютерных графических редакторов**

*Цель работы*: научиться выполнять схемы трансформаторных подстанций с использованием компьютерных графических редакторов в соответствии с требованиями нормативных документов.

**В результате выполнения практической работы формируются:**

*умения:*

- составлять отдельные разделы проекта производства работ;

- выполнять проектную документацию с использованием персонального компьютера;

*знания:*

- конструктивных особенностей и технических характеристик трансформаторных подстанций и распределительных пунктов, применяемых на сетях 0,4-20 кВ.

*элементы следующих компетенций:*

ПК 3.4 Участвовать в проектировании электрических сетей.

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

***Теоретический материал***

Главная схема электрических соединений подстанции выбирается с учетом схемы развития электрических сетей энергосистемы или схемы электроснабжения района.

По способу присоединения к сети все подстанции можно разделить на:

1. тупиковые;
2. ответвительные;
3. проходные;
4. узловые.

***Тупиковая подстанция*** – это подстанция, получающая электроэнергию от одной электроустановки по одной или нескольким параллельным линиям (на рисунке 6 подстанция Г).

***Ответвительная подстанция*** присоединяется глухой отпайкой к одной или двум проходящим линиям (на рисунке 6 подстанция Д).

***Проходная подстанция*** включается в рассечку одной или двух линий с двусторонним или односторонним питанием (на рисунке 6 подстанция Ж).

***Узловая подстанция*** – это подстанция, к которой присоединено более двух линий питающей сети, приходящих от двух или более электроустановок (на рисунке 6 подстанции А, Б, В).

По назначению различают подстанции:

1. потребительские;
2. системные.

На шинах системных подстанций А, Б на рисунке 6 осуществляется связь отдельных районов энергосистемы или различных энергосистем. Как правило, это подстанции с высшим напряжением 750—220 кВ. Подстанции Е, В, Д на рисунке 6 предназначены для распределения электроэнергии между потребителями.

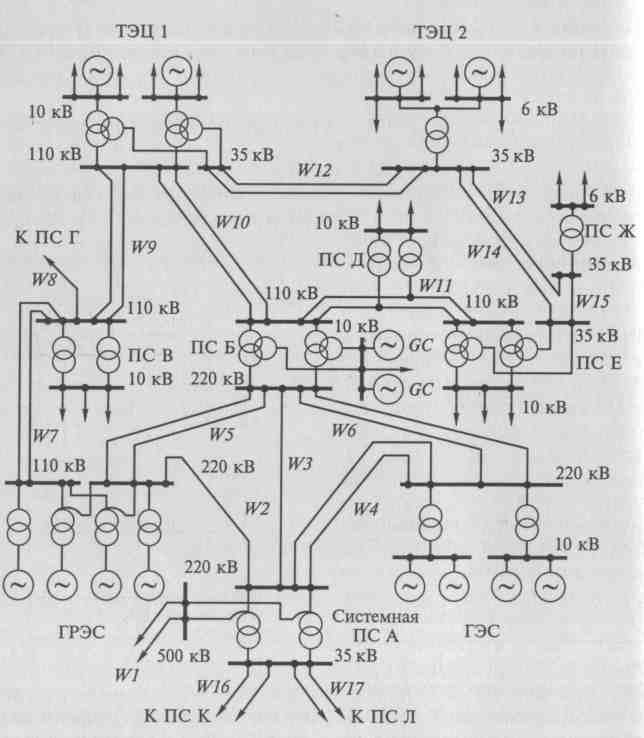


Рисунок 6 – Схема внешнего электроснабжения промышленных и гражданских зданий

Схема подстанций тесно увязывается с назначением и способом присоединения подстанции к питающей сети и должна:

1. обеспечивать надежность электроснабжения потребителей подстанции и перетоков мощности по межсистемным или магистральным связям в нормальном и в послеаварийном режимах;
2. учитывать перспективу развития;
3. допускать возможность постепенного расширения РУ всех напряжений;
4. учитывать требования противоаварийной автоматики;
5. обеспечивать возможность проведения ремонтных и эксплуатационных работ на отдельных элементах схемы без отключения соседних присоединений.

Число одновременно срабатывающих выключателей должно быть не более:

а) двух – при повреждении линии;

б) четырех – при повреждении трансформаторов напряжением до 500 кВ, трех – 750 кВ.

В соответствии с этими требованиями разработаны типовые схемы распределительных устройств подстанций 6 – 750 кВ, которые должны применяться при проектировании подстанций.

Нетиповая главная схема должна быть обоснована технико-экономическим расчетом.

Схемы трансформаторных подстанций могут выполняться с использованием графических редакторов:

1. КОМПАС-График;
2. AutoCad;
3. NanoCad.

Выполнение схемы трансформаторной подстанции с использованием представленных графических редакторов представляет собой применение стандартных элементов из типовой библиотеки серии «Электрик» или ручную отрисовку элементов схемы в соответствии с требованиями к условным графическим изображениям в электрических схемах.

При выполнении задания необходимо использовать знания, полученные на дисциплине «Инженерная графика».

Для более подробного рассмотрения функций графического редактора «КОМПАС-График» рекомендуется использовать методические рекомендации фирмы-разработчика АСКОН «Азбука КОМПАС-График».

Пример заполнения основной надписи чертежа выполненного с использованием графического редактора «КОМПАС-График» представлен на рисунке 7.

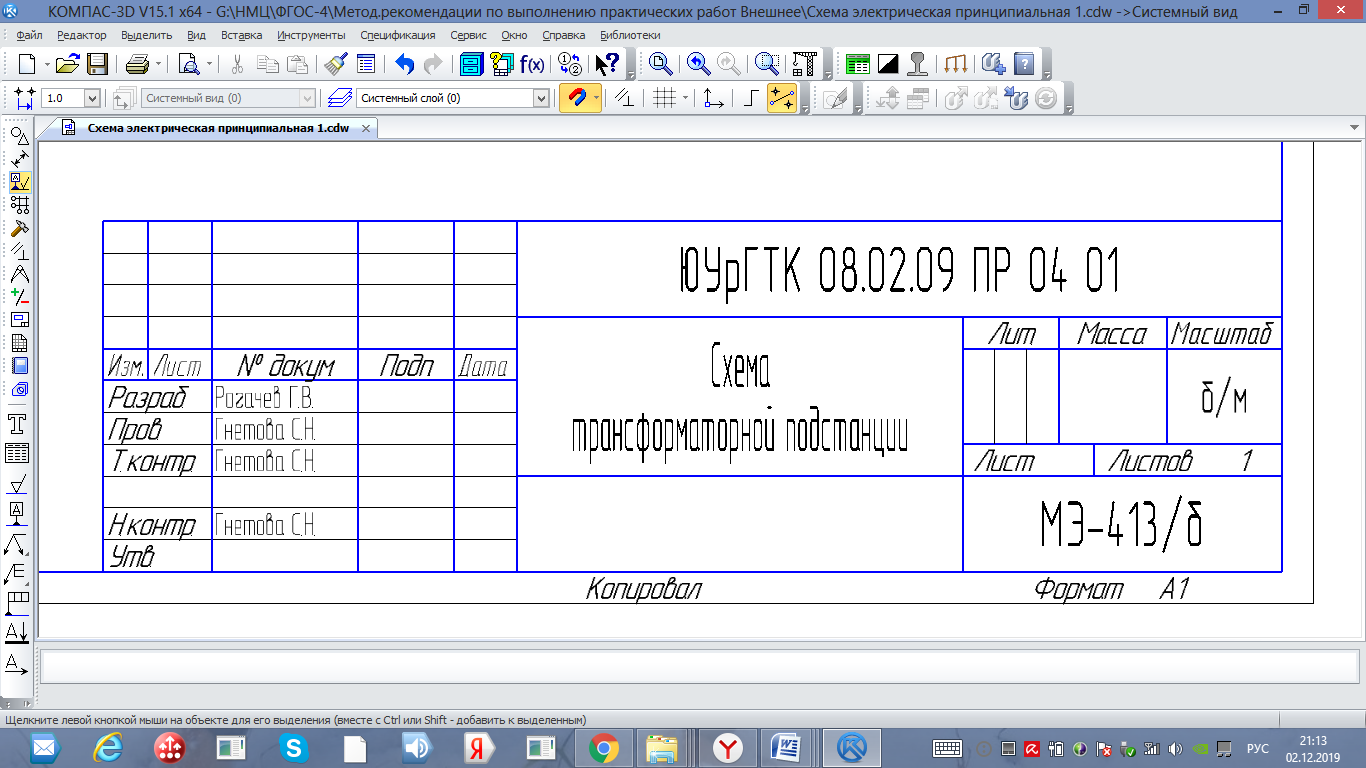


Рисунок 7 – Пример заполнения основной надписи чертежа

#### *Ход работы*

1. В соответствии с индивидуальным вариантом выполните схему трансформаторной подстанции с использованием графического редактора «КОМПАС-График».
2. Представьте результаты в виде файла готового к выводу на печать.
3. Оформите и сдайте отчетную работу преподавателю в установленные сроки.

*Примечание:* для выполнения практической работы можно использовать рабочую тетрадь по МДК03.01 «Внешнее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

###### **Практическая работа № 5**

**Выбор электрооборудования и токоведущих частей по условиям короткого замыкания**

*Цель работы:* научиться выбирать электрооборудование и токоведущие части по условиям короткого замыкания (используя справочную литературу) по заданной схеме электроснабжения.

**В результате выполнения практической работы формируются:**

*умения:*

- составлять отдельные разделы проекта производства работ;

- выполнять расчет электрических нагрузок электрических сетей, осуществлять выбор токоведущих частей на разных уровнях напряжения;

- выполнять проектную документацию с использованием персонального компьютера;

*знания:*

- номенклатуры наиболее распространенных воздушных проводов, кабельной продукции и электромонтажных изделий;

- основных методов расчета и условий выбора электрических сетей;

- технических характеристик элементов линий электропередачи и технические требования, предъявляемые к их работе;

- конструктивных особенностей и технических характеристик трансформаторных подстанций и распределительных пунктов, применяемых на сетях 0,4-20 кВ;

*элементы следующих компетенций:*

ПК 3.4 Участвовать в проектировании электрических сетей.

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

***Теоретический материал***

Последовательность выбора электрических аппаратов, шин и изоляторов рассмотрим на примере расчетной схемы представленной на рисунке 5 практической работы №3.

Исходные данные:

а) относительное сопротивление системы хс=0,04 при Sб=100 МВА;

б) первичное напряжение трансформатора ГПП U1=110 кВ;

в) вторичное напряжение трансформатора ГПП U2=10 кВ;

г) номинальная мощность трансформатора ГПП Sном.т.=10 МВА;

д) напряжение КЗ трансформатора ГПП Uк=10,5%;

е) ток короткого замыкания в точке К1 =12,5 кА;

ж) ток короткого замыкания в точке К2 =5,05 кА;

з) номинальная мощность силового трансформатора цеховой ТП Sном.т.КТП=400 кВА..

Остальные исходные данные указываются по мере необходимости.

Выбор выключателя Q1 и разъединителя QS1в цепи высшего напряжения силового трансформатора ГПП.

1. Определяются расчетные токи продолжительного режима:

Расчетным током короткого замыкания является ток на шинах высшего напряжения в точке К1. Выключатели распределительных устройств напряжением 35 кВ и выше выбираются обычно однотипные для всех цепей данного распределительного устройства и проверяются по наиболее тяжелым условиям.

К установке принимаем выключатель:

а) маломасляный трехполюсный типа ВМТ-110Б-20/1000УХЛ;

б) собственное время отключения выключателя =0,05 с;

в) привод к выключателю пружинный типа ППК-2300УХЛ1.

1. Определяется расчетное значение периодической составляющей тока короткого замыкания (см. практическую работу №3).
2. Определяется амплитудное значение ударного тока по формуле:

где - ударный коэффициент тока КЗ (таблица 5).

1. Определяется расчетное время короткого замыкания по формуле:

где – минимальное время срабатывания релейной защиты, с.

1. Определяется апериодическая составляющая тока короткого замыкания для ветви энергосистемы по формуле:

где - постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ (таблица 5), с.

1. Определяется допустимое относительное содержание апериодической составляющей тока короткого замыкания в токе отключения по рисунку 8.

Для рассчитанного в п.4 значения расчетного времени короткого замыкания принимается .

1. Определяется апериодическая составляющая тока короткого замыкания в отключаемом токе для времени τ гарантируемая заводом-изготовителем по формуле:

Схема.tif

Рисунок 8 – Допустимое относительное содержание апериодической составляющей тока короткого замыкания в токе отключения

1. Определяется время отключения тока короткого замыкания по формуле:

где -время действия основной защиты трансформатора, с;

-полное время отключения выключателя (по каталогу для выбранного типа выключателя), с.

1. Определяется тепловой импульс, выделяемый током короткого замыкания, по формуле:
2. Все расчетные и каталожные данные сводятся в таблицу 7.

Таблица 7 – Результаты выбора выключателя и разъединителя в цепи высшего напряжения силового трансформатора ГПП

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Расчетные данные | Каталожные данные | |
| выключатель  ВМТ-110Б-20/1000УХЛ1  с приводом ППК-2300УХЛ1 | разъединитель  РДЗ-110/1000У1  с приводом ПД-1У1 |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  | ─ |
|  |  | ─ |
|  |  | ─ |
|  |  |  |
|  |  |  |

Выбор выключателя отходящей линии Q3 РУ низшего напряжения ГПП.

1. Определяются расчетные токи продолжительного режима:

Расчетным током короткого замыкания является ток на шинах низшего напряжения в точке К2.

К установке принимаем выключатель:

а) маломасляный типа ВК-10-20;

б) собственное время отключения выключателя =0,05 с;

в) привод к выключателю пружинный типа ДПП.

1. Определяется расчетное значение периодической составляющей тока короткого замыкания (см. практическую работу №3).
2. Определяется амплитудное значение ударного тока по формуле:

где - ударный коэффициент тока КЗ (таблица 5 данных методических рекомендаций).

1. Определяется расчетное время короткого замыкания по формуле:

где – минимальное время срабатывания релейной защиты, с.

1. Определяется апериодическая составляющая тока короткого замыкания для ветви энергосистемы по формуле:

где - постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ (таблица 5 данных методических рекомендаций), с.

1. Определяется допустимое относительное содержание апериодической составляющей тока короткого замыкания в токе отключения по рисунку 8. .
2. Определяется апериодическая составляющая тока короткого замыкания в отключаемом токе для времени τ гарантируемая заводом-изготовителем по формуле:
3. Определяется время отключения тока короткого замыкания по формуле:

где -время действия максимальной токовой защиты линии 10 кВ, с;

-полное время отключения выключателя (по каталогу для выбранного типа выключателя), с.

1. Определяется тепловой импульс, выделяемый током короткого замыкания, по формуле:
2. Распределительное устройство на напряжении 10 кВ понижающей подстанции принимается комплектным из шкафов серии КМ-1 для внутренней установки. Разъединители в КРУ встроенные, втычного типа, завод изготовитель гарантирует им необходимые параметры для работы совместно с выключателем
3. Все расчетные и каталожные данные сводятся в таблицу 8.

Таблица 8 – Результаты выбора выключателя отходящей линии РУ низшего напряжения ГПП

|  |  |
| --- | --- |
| Расчетные данные | Каталожные данные |
| выключатель  ВК-10-20/630  с приводом ДПП |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Выбор трансформатора тока в цепи отходящей линии 10 кВ.

1. Определяется тип трансформатор тока по каталогу на шкафы КРУ КМ-1 для включения измерительных приборов и релейной защиты линии: ТЛК-10.
2. Определяется перечень необходимых измерительных приборов в цепи линии 10 кВ к потребителям по таблице 9.
3. Составляется схема включения приборов (рисунок 9).

А В С

А Wh varh

Рисунок 9 – Схема включения приборов

Таблица 9 – **Контрольно-измерительные приборы на трансформаторных подстанциях**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Цепь | Место установки  приборов | Перечень приборов | Примечания |
|  | Понизительного двухобмоточного трансформатора | ВН | ─ | 1. Ваттметр – только для трансформаторов 110 кВ и выше. 2. Варметр – только для трансформаторов 220 кВ и выше. 3. Если поток мощности через трансформатор может меняться по направлению, то устанавливаются ваттметры и варметры с двухсторонней шкалой и два счетчика со стопорами. 4. На трансформаторах с расщепленной обмоткой НН, а также на присоединенных к шинам 6-10 кВ через сдвоенный реактор приборы устанавливаются в каждой цепи НН. |
| НН | Амперметр, ваттметр, варметр, счетчики активной и реактивной энергии |
|  | Трехобмоточного трансформатора или автотрансформатора | ВН | Амперметр |
| СН | Амперметр, ваттметр, варметр, счетчики активной и реактивной энергии |
| НН | То же |
|  | Сборных шин 6, 10 и 35 кВ | На каждой секции или системе шин | Вольтметр для измерения междуфазного напряжения и вольтметр с переключением для измерения трех фазных напряжений | На транзитной подстанции на шинах 35 кВ устанавливается регистрирующий вольтметр, если шины подстанции являются контрольными точками по напряжению в системе. |
|  | Секционного выключателя | ─ | Амперметр | ─ |
|  | Линии 6-10 кВ к потребителям | ─ | Амперметр, расчетные счетчики активной и реактивной энергии для линий, принадлежащих потребителю | Если по счетчикам не ведется денежный расчет, то счетчик реактивной энергии не устанавливается |
|  | Трансформатора собственных нужд | ВН | ─ | ─ |
| НН | Амперметр, расчетный счетчик активной энергии |

1. Проводится сравнение расчетных и каталожных данных трансформатора тока в форме таблицы 10.

Таблица 10 – Результаты выбора трансформатора тока в цепи отходящей линии 10 кВ

|  |  |
| --- | --- |
| Расчетные данные | Каталожные данные |
| трансформатор тока  ТЛК-10-100-0,5/10Р |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

1. Определяется нагрузка по фазам для наиболее загруженного трансформатора тока ТА для проверки трансформатора тока по вторичной нагрузке, пользуясь схемой включения и каталожными данными приборов. Результаты расчетов представлены в таблице 11.

Из таблицы 11 видно, что наиболее загружен трансформатор тока фазы А.

1. Определяется номинальная допустимая нагрузка трансформатора тока в выбранном классе точности 0,5 по каталогу .

Таблица 11 –Нагрузка трансформатора тока по фазам

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Прибор | Тип | Нагрузка фазы, В·А | | |
| А | В | С |
| Амперметр | Э-335 | 0,5 | ─ | ─ |
| Счетчик активной энергии | СА3-И674 | 2,5 | ─ | 2,5 |
| Счетчик реактивной энергии | СР4-И689 | 2,5 | ─ | 2,5 |
| Итого: |  | 5,5 | ─ | 5,0 |

1. Определяется общее сопротивление приборов по формуле:
2. Определяется сопротивление контактов в зависимости от количества подключаемых приборов:

а) для подключения 2 – 3 приборов ;

б) при подключении более трех приборов .

Для схемы подключения приборов, представленной на рисунке 9, принимается .

1. Определяется допустимое сопротивление проводов по формуле:
2. Определяем длину соединительных проводов от трансформатора тока до приборов по рисунку 10 и таблице 12 в зависимости от схем соединения трансформаторов тока и приборов, а также места их установки.

Для подстанции с высшим напряжением 110 кВ принимается кабель с алюминиевыми жилами, ориентировочная длина которого в ячейке на линии 10 кВ 4 метра (по таблице 12 для линий 6-10 кВ к потребителям), трансформаторы тока соединены в неполную звезду.

Расчетная длина кабеля согласно рисунка 10 определяется по формуле:

А В С А В С А В С

А А А А А А

*l*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| а) включение в одну фазу; | б) включение в неполную звезду; | в) включение в полную звезду |

Рисунок 10 – Схемы соединения измерительных трансформаторов тока и приборов

Таблица 12 – Длина соединительных проводов от трансформатора тока до приборов

для разных соединений

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование элемента или участка электрической цепи | Длина  соединительных проводов, м |
| Линии 6-10 кВ к потребителям | 4 – 6 |
| Все цепи распределительных устройств: |  |
| * 35 кВ | 60 – 75 |
| * 110 кВ | 75 – 100 |
| * 220 кВ | 100 – 150 |
| * 330 – 500 кВ | 150 – 175 |

1. Определяется минимальное сечение контрольного кабеля по условию механической прочности по формуле:

где - удельное сопротивление жилы кабеля;

По условию механической прочности принимается контрольный кабель АКРВГ с жилами сечением 4 мм2.

***Примечание:*** по условию механической прочностисечение не должно быть менее 4 мм2 и 2,5 мм2 для медных жил (ПУЭ п.3.4.4.). Сечение более 6 мм2 обычно не применяется.

Выбор трансформатора напряжения на секции сборных шин 10 кВ.

1. Определяется тип трансформатор напряжения по каталогу на шкафы КРУ КМ-1 для питания катушек напряжения измерительных приборов и для контроля изоляции в сетях с малыми токами замыкания на землю: 3 х 3НОЛ.09-10.

*Технические характеристики трансформатора напряжения:*

* номинальное напряжение ;
* класс точности: 0,5;
* номинальная мощность вторичной обмотки в выбранном классе точности
* трансформатор напряжения имеет две вторичные обмотки, одна из которых включена в звезду и к ней присоединяются катушки напряжения измерительных приборов, другая – соединена в разомкнутый треугольник и используется для контроля изоляции;
* трансформатор напряжения устанавливается на каждую секцию сборных шин и к нему подключаются измерительные приборы всех присоединений данной секции сборных шин.

1. Определяется перечень необходимых измерительных приборов в цепях линий 10 кВ к потребителям, сборных шин и ввода 10 кВ от трансформатора по таблице 9.
2. Составляется схема с указанием места установки приборов (рисунок 11).
3. Определяется вторичная нагрузка трансформатора напряжения. Результаты расчетов представлены в таблице 13.
4. Определяется вторичная нагрузка трансформатора напряжения при подключении всех приборов и устройств по формуле:
5. Определяется мощность трансформаторов напряжения включенных в схеме, представленной на рисунке 11, по формуле:
6. Принимается контрольный кабель АКРВГ с сечением 2,5 мм2 для соединения трансформаторов напряжения по условию механической прочности (для упрощения расчетов).
7. Выбирается предохранитель типа ПКН 001-10У3 (предохранитель кварцевый для трансформатора напряжения) и втычной разъединитель для присоединения трансформатора напряжения к сборным шинам распределительного устройства низкого напряжения.

Выбор соединения силового трансформатора с КРУ-10 кВ.

Соединение может осуществляться гибким подвесным токопроводом, шинным мостом или закрытым комплектным токопроводом.

1. Определяются расчетные токи продолжительных режимов по формулам:

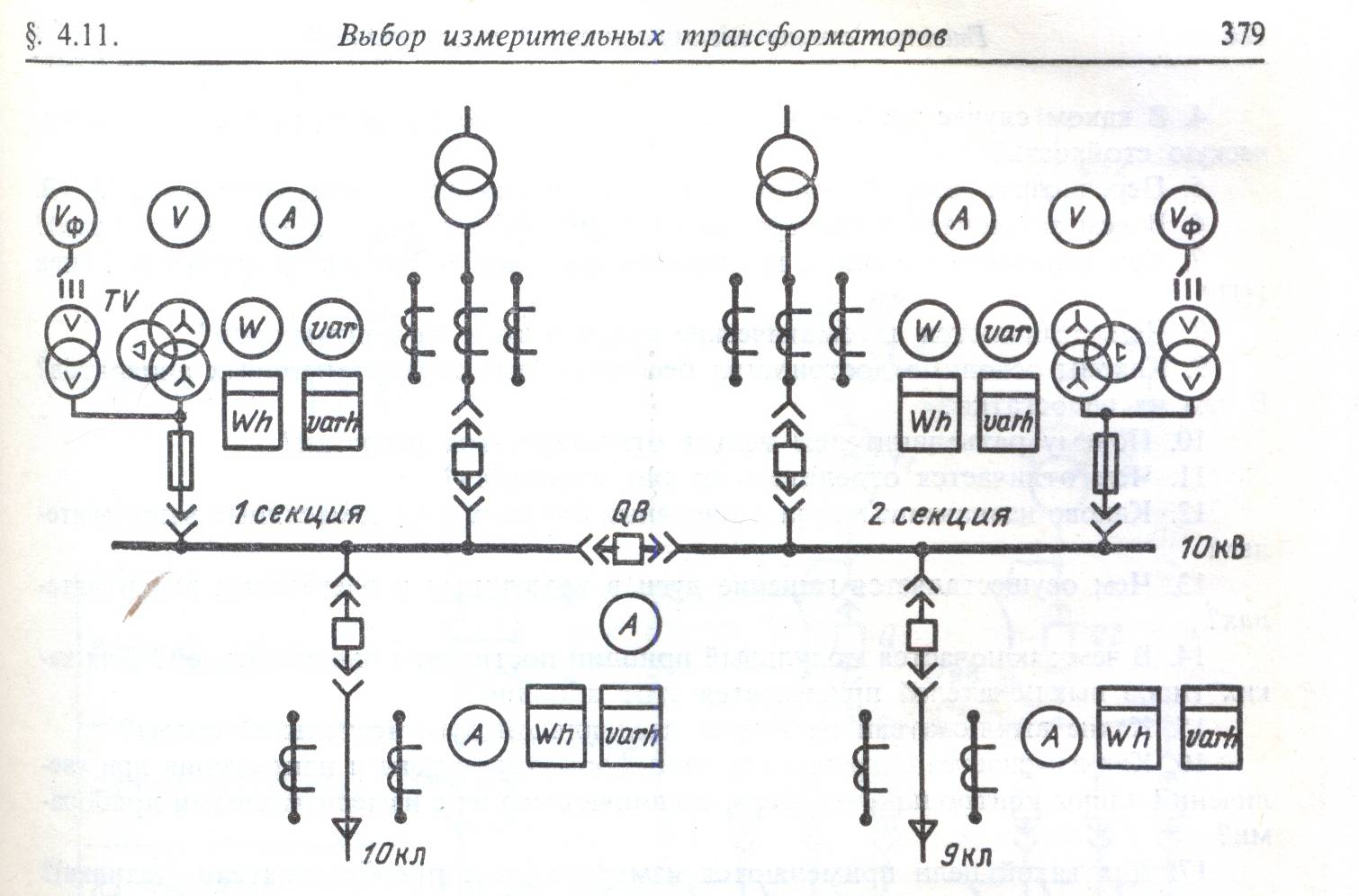


Рисунок 11 – Размещение измерительных трансформаторов и приборов

на стороне 10 кВ подстанции

1. Выбирается сечение алюминиевых шин по допустимому току, так как шинный мост, соединяющий трансформатор с КРУ, небольшой длины и находится в пределах подстанции.

Условие выбора сечения сборных шин:

Допустимый длительный ток для шин прямоугольного сечения определяется по таблице 14. Принимаются однополосные шины 60×6 мм2.

Таблица 13 –Нагрузка трансформатора напряжения

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Прибор | | Тип | Мощность  одной обмотки | Число обмоток | cosφ | sibφ | Число приборов | Общая  потребляемая мощность | |
| Р, Вт | Q,  ВАр |
| Вольтметр  (сборные шины) | | Э-335 | 2 В·А | 1 | 1 | 0 | 2 | 4 | ─ |
| Ваттметр | Ввод 10 кВ от трансформатора | Д-335 | 1,5 В·А | 2 | 1 | 0 | 1 | 3 | ─ |
| Счетчик активной энергии | СА3-И674 | 3 Вт | 2 | 0,38 | 0,925 | 1 | 6 | 14,5 |
| Счетчик реактивной энергии | СР4-И689 | 3 Вт | 2 | 0,38 | 0,925 | 1 | 6 | 14,5 |
| Счетчик активной энергии | Линии 10 кВ | СА3-И674 | 3 Вт | 2 | 0,38 | 0,925 | 3 | 18 | 43,5 |
| Счетчик реактивной энергии | СР4-И689 | 3 Вт | 2 | 0,38 | 0,925 | 3 | 18 | 43,5 |
| Итого: | | | | | | | | 55 | 116 |

1. Определяется минимальное сечение шин по термической стойкости по формуле:

где - тепловой импульс тока К.З. (см.выбор выключателя Q3), А2·с;

Ст – функция, значения которой приведены в таблице 15.

1. Выполняется проверка шин на термическую стойкость по формуле:

Таблица 14 – Допустимый длительный ток для шин прямоугольного сечения

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Размеры, мм | Медные шины | | | | Алюминиевые шины | | | | Стальные шины | |
| Ток\*, А при количестве полос на полюс или фазу | | | | | | | | Размеры, мм | Ток\*, А |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 15×3 | 210 | — | — | — | 165 | — | — | — | 16×2,5 | 55/70 |
| 20×3 | 275 | — | — | — | 215 | — | — | — | 20×2,5 | 60/90 |
| 25×3 | 340 | — | — | — | 265 | — | — | — | 25×2,5 | 75/100 |
| 30×4 | 475 | — | — | — | 365/370 | — | — | — | 20×3 | 65/100 |
| 40×4 | 625 | —/1090 | — | — | 480 | —/855 | — | — | 25×3 | 80/120 |
| 40×5 | 700/705 | —/1250 | — | — | 540/545 | —/965 | — | — | 30×3 | 95/140 |
| 50×5 | 860/870 | —/1525 | —/1895 | — | 665/670 | —/1180 | —/1470 | — | 40×3 | 125/190 |
| 50×6 | 955/960 | —/1700 | —/2145 | — | 740/745 | —/1315 | —/1655 | — | 50×3 | 155/230 |
| 60×6 | 1125/1145 | 1740/1990 | 2240/2495 | — | 870/880 | 1350/1555 | 1720/1940 | — | 60×3 | 185/280 |
| 80×6 | 1480/1510 | 2110/2630 | 2720/3220 | — | 1150/1170 | 1630/2055 | 2100/2460 | — | 70×3 | 21/320 |
| 100×6 | 1810/1875 | 2470/3245 | 3170/3940 | — | 1425/1455 | 1935/2515 | 2500/3040 | — | 73×3 | 230/345 |
| 60×8 | 1320/1345 | 2160/2485 | 2790/3020 | — | 1025/1040 | 1680/1840 | 2180/2330 | — | 80×3 | 245/365 |
| 80×8 | 1690/1755 | 2620/3095 | 3370/3850 | — | 1320/1355 | 2040/2400 | 2620/2975 | — | 90×3 | 275/410 |
| 100×8 | 2080/2180 | 3060/3810 | 3930/4690 | — | 1625/1690 | 2390/2945 | 3050/3620 | — | 100×3 | 305/460 |
| 120×8 | 2400/2600 | 3400/4000 | 4340/5600 | — | 1900/2040 | 2650/3350 | 3380/4250 | — | 20×4 | 70/115 |
| 60×10 | 1475/1525 | 2560/2725 | 3300/3530 | — | 1150/1180 | 2010/2110 | 2650/2720 | — | 22×4 | 75/125 |
| 80×10 | 1900/1990 | 3100/3510 | 3990/4450 | — | 1480/1540 | 2410/2735 | 3100/3440 | — | 25×4 | 85/140 |
| 100×10 | 2310/2470 | 3610/4325 | 4650/5385 | 5300/6060 | 1820/1910 | 2860/3350 | 3650/4160 | 4150/4400 | 30×4 | 100/165 |
| 120×10 | 2650/2950 | 4100/5000 | 5200/6250 | 5900/6800 | 2070/2300 | 3200/3900 | 4100/4860 | 4650/5200 | 40×4 | 130/220 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 50×4 | 165/270 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 60×4 | 195/325 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 70×4 | 225/375 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 80×4 | 260/430 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 90×4 | 290/480 |

**Примечание:** \* в числителе приведены значения переменного тока, в знаменателе – постоянного.

1. Выполняется проверка шин на механическую прочность.

* определяется момент инерции поперечного сечения шины относительно оси, перпендикулярной направлению изгибающей силы для горизонтального расположения шин по формуле:

где b – толщина шины, см;

h – ширина шины, см.

Таблица 15 – Значения коэффициента Ст

|  |  |
| --- | --- |
| Проводники | Значение  коэффициента Ст |
| Шины: |  |
| медные | 170 |
| алюминиевые | 90 |
| Кабели с бумажной пропитанной изоляцией на напряжение до 10 кВ с жилами: |  |
| медными | 140 |
| алюминиевыми | 90 |
| Кабели с бумажной пропитанной изоляцией на напряжение 20–220 кВ с жилами: |  |
| медными | 105 |
| алюминиевыми | 70 |
| Кабели и изолированные провода с поливинилхлоридной и резиновой изоляцией, с жилами: |  |
| медными | 120 |
| алюминиевыми | 75 |
| Кабели и изолированные провода с полиэтиленовой изоляцией, с жилами: |  |
| медными | 103 |
| алюминиевыми | 65 |

* определяется длина пролета между изоляторами *l* при условии, что частота собственных колебаний будет больше 200 Гц из формулы:

откуда

* принимается расположение шин горизонтально, пролет 1,2 м, расстояние между фазами *а*=0,8 м.

1. Проверяется напряжение в материале шин от взаимодействия фаз

* определяется момент сопротивления шин относительно оси, перпендикулярной действию усилия по формуле:
* определяется напряжение в материале шин от взаимодействия фаз по формуле:

где - ударный ток короткого замыкания на шинах 10 кВ, кА.

* определяется допустимое напряжение в материале шин от взаимодействия фаз по таблице 16:

Таблица 16 – Допустимое напряжение в материале шин от взаимодействия фаз

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Материал | Марка | Допустимое напряжение  , МПа |
| Алюминий | АДО | 40 |
| Алюминиевый сплав | АД31Т | 75 |
| АД31Т1 | 90 |
| Медь | МГТ | 140 |
| Сталь | Ст3 | 160 |

Расчетное значение допустимого напряжения в материале шин от взаимодействия фаз меньше допустимого. Таким образом, шины механически прочны.

Выбор изоляторов.

Выбираем опорные штыревые изоляторы наружной установки ОНШ-10-5-1УХЛ1 на номинальное напряжение и разрушающей нагрузкой на изгиб (данные по каталогу).

1. определяется допустимая нагрузка на головку изолятора по формуле:
2. определяется значение силы, действующей на изолятор по формуле:
3. выполняется проверка изоляторов по допустимой нагрузке по формуле:

Изоляторы проходят по механической прочности.

Выбор кабельной линии КЛ2.

Выбор кабелей напряжением выше 1кВ производится по следующим условиям:

* по экономической плотности тока;
* по нагреву рабочим током;
* по термической стойкости при протекании тока КЗ;
* по допустимому отклонению напряжения.

1. Определяются расчетные токи кабельной линии продолжительного режима:
2. Выбор кабеля по экономической плотности тока.

* определяется экономическая плотность тока для заданного числа часов использования максимума нагрузки (марка кабеля ААШв) по таблице 17. Принимается .

Таблица 17 – Экономическая плотность тока

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Проводники | Экономическая плотность тока, А/мм2 | | |
| более 1000  до 3000 | более 3000  до 5000 | более 5000 |
| Неизолированные провода и шины:  медные | 2,5 | 2,1 | 1,8 |
| алюминиевые | 1,3 | 1,1 | 1,0 |
| Кабели с бумажной и провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с жилами:  медными | 3,0 | 2,5 | 2,0 |
| алюминиевыми | 1,6 | 1,4 | 1,2 |
| Кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией с жилами:  медными | 3,5 | 3,1 | 2,7 |
| алюминиевыми | 1,9 | 1,7 | 1,6 |

* определяется экономически целесообразное сечение по формуле:

Полученное сечение округляется до ближайшего стандартного значения (разрешается в меньшую сторону). Принимается .

1. Выбор кабеля по нагреву рабочим током.

Принятое экономически целесообразное сечение кабеля проверяется по нагреву рабочим током в послеаварийном режиме (например, после отключения одной из параллельных линий).

* определяется допустимая температура нагрева жил кабеля по таблице 18. Принимается .
* определяется поправочный температурный коэффициент по таблице 19 для следующих условий:
* расчетная температура среды ;
* фактическая температура окружающей среды ;
* допустимая температура нагрева жил кабеля .

Принимается .

Таблица 18 - Допустимые температуры нагрева проводников, оС

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Проводник  и его изоляция | Длительная  температура  нагрева | Кратковременная  температура  нагрева при  перегрузках | Температура нагрева  при т.к.з. в проводниках | |
| медном | алюминиевом |
| Голые провода и шины | 70 | 125 | 300 | 200 |
| Провода и кабели с резиновой или поливинилхлоридной изоляцией | 55 | 110 | 150 | 150 |
| Кабели с бумажной пропитанной изоляцией   1. до 3 кВ включительно 2. 6 кВ 3. 10 кВ 4. 35 кВ | 80  65  60  50 | 125  110  90  75 | 200  200  200  125 | 200  200  200  125 |

Таблица 19 – Поправочные коэффициенты на температуру земли и воздуха для нагрузок

кабелей, голых и изолированных проводов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходная температура, 0С | | Фактическая температура среды, 0С | | | | | | | | | | | |
| среды  (расчетная) | жил  (допустимая) | - 5 | 0 | +5 | +10 | +15 | +20 | +25 | +30 | +35 | +40 | +45 | +50 |
| 15 | 80 | 1,14 | 1,11 | 1,08 | 1,04 | 1,00 | 0,96 | 0,92 | 0,88 | 0,83 | 0,78 | 0,73 | 0,68 |
| 25 | 80 | 1,24 | 1,20 | 1,17 | 1,13 | 1,09 | 1,04 | 1,00 | 0,95 | 0,90 | 0,85 | 0,8 | 0,74 |
| 25 | 70 | 1,29 | 1,24 | 1,20 | 1,15 | 1,11 | 1,05 | 1,00 | 0,94 | 0,88 | 0,81 | 0,74 | 0,67 |
| 15 | 65 | 1,18 | 1,14 | 1,1 | 1,05 | 1,00 | 0,95 | 0,89 | 0,84 | 0,77 | 0,71 | 0,63 | 0,55 |
| 25 | 65 | 1,32 | 1,27 | 1,22 | 1,17 | 1,12 | 1,06 | 1,00 | 0,94 | 0,87 | 0,79 | 0,71 | 0,61 |
| 15 | 60 | 1,20 | 1,15 | 1,12 | 1,06 | 1,00 | 0,94 | 0,88 | 0,82 | 0,75 | 0,67 | 0,57 | 0,47 |
| 25 | 60 | 1,36 | 1,31 | 1,25 | 1,20 | 1,13 | 1,07 | 1,00 | 0,93 | 0,85 | 0,76 | 0,66 | 0,54 |
| 15 | 55 | 1,22 | 1,17 | 1,12 | 1,07 | 1,00 | 0,93 | 0,86 | 0,79 | 0,71 | 0,61 | 0,50 | 0,36 |
| 25 | 55 | 1,41 | 1,35 | 1,29 | 1,23 | 1,15 | 1,08 | 1,00 | 0,91 | 0,82 | 0,71 | 0,58 | 0,41 |
| 15 | 50 | 1,25 | 1,20 | 1,14 | 1,07 | 1,00 | 0,93 | 0,84 | 0,76 | 0,66 | 0,54 | 0,37 | - |
| 25 | 50 | 1,48 | 1,41 | 1,34 | 1,26 | 1,18 | 1,09 | 1,00 | 0,89 | 0,78 | 0,63 | 0,45 | - |

* определяется поправочный коэффициент на число работающих кабелей лежащих рядом в земле по таблице 20 для следующих условий:
* в траншее проложено рядом два кабеля;
* расстояние в свету между кабелями – 100 мм

Принимается .

Таблица 20 – Поправочные коэффициенты на число работающих кабелей, лежащих

рядом в земле (в трубах и без труб)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Расстояние в свету, мм | Число кабелей | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 100 | 1,00 | 0,90 | 0,85 | 0,80 | 0,78 | 0,75 |
| 200 | 1,00 | 0,92 | 0,87 | 0,84 | 0,82 | 0,81 |
| 300 | 1,00 | 0,93 | 0,90 | 0,87 | 0,86 | 0,85 |

* выбирается допустимый длительный ток для кабеля марки ААШв с экономически целесообразным сечением по таблице 21.

Таблица 21 – Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с

бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами

изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемых в земле

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Сечение  токопроводящей  жилы,  мм2 | Ток, А, для кабелей | | | | | |
| одножильных  до 1 кВ | двухжильных до 1 кВ | трехжильных  напряжением, кВ | | | четырехжильных до 1 кВ |
| до 3 | 6 | 10 |
| 6 | — | 60 | 55 | — | — | — |
| 10 | 110 | 80 | 75 | 60 | — | 65 |
| 16 | 135 | 110 | 90 | 80 | 75 | 90 |
| 25 | 180 | 140 | 125 | 105 | 90 | 115 |
| 35 | 220 | 175 | 145 | 125 | 115 | 135 |
| 50 | 275 | 210 | 180 | 155 | 140 | 165 |
| 70 | 340 | 250 | 220 | 190 | 165 | 200 |
| 95 | 400 | 290 | 260 | 225 | 205 | 240 |
| 120 | 460 | 335 | 300 | 260 | 240 | 270 |
| 150 | 520 | 385 | 335 | 300 | 275 | 305 |
| 185 | 580 | — | 380 | 340 | 310 | 345 |
| 240 | 675 | — | 440 | 390 | 355 | — |
| 300 | 770 | — | — | — | — | — |
| 400 | 940 | — | — | — | — | — |
| 500 | 1080 | — | — | — | — | — |
| 625 | 1170 | — | — | — | — | — |
| 800 | 1310 | — | — | — | — | — |

* проверяется по нагреву рабочим током в послеаварийном режиме (например, после отключения одной из параллельных линий) принятое в п.2 экономически целесообразное сечение кабеля по условию:

Принятое экономически целесообразное сечение кабеля подходит по нагреву рабочим током.

***Примечание:*** если принятое экономически целесообразное сечение кабеля не подходит по нагреву рабочим током, то необходимо увеличить сечение кабеля.

1. Выбор кабеля по термической стойкости при протекании тока К.З.

При проверке кабелей на термическую стойкость расчетной точкой К.З. является:

* для одиночных кабелей одной строительной длины – точка К.З. в начале кабеля;
* для одиночных кабелей со ступенчатым соединением по длине – точка К.З. в начале каждого участка нового сечения кабеля;
* для двух и более параллельно включенных кабелей одной кабельной линии – в начале каждого кабеля.
* определяется расчетная точка К.З. и значение тока К.З. согласно условий перечисленных выше. Принимается расчетная точка К.З. К2 и ток К.З. в точке К2 =5,05 кА.

***Примечание:*** при выполнении расчетов данной практической работы принять значение тока К.З. в точке К2 из расчетов практической работы №3.

* определяется время отключения тока короткого замыкания по формуле:

где -время действия максимальной токовой защиты линии 10 кВ, с;

-полное время отключения выключателя (по каталогу для выбранного типа выключателя), с.

* определяется постоянная времени затухания апериодической составляющей тока К.З. для распределительных сетей напряжением 10 кВ по таблице 5 данных методических рекомендаций. Принимается с.
* определяется тепловой импульс, выделяемый током короткого замыкания, по формуле:
* определяется значение коэффициента по таблице 15 данных методических рекомендаций. Принимается для кабеля марки ААШв .
* определяется минимальное сечение кабельной линии по термической стойкости по формуле:

Полученное значение минимального сечения округляется до ближайшего большего стандартного значения. Принимается кабель ААШв-10-3×50.

1. Выбранное сечение проверяют по потере напряжения.

Ориентировочно считаются допустимыми следующие потери напряжения на участках электросети:

* линии напряжением 6 – 10 кВ внутри предприятия – 5 %;
* линии напряжением 10 – 220 кВ, питающие ГПП предприятия – 10 %.

Потерю напряжения в линиях напряжением до 35 кВ определяют по формуле:

где – расчетный ток линии, А;

– активное удельное сопротивление линии, Ом/км;

– индуктивное удельное сопротивление линии, Ом/км;

- коэффициенты мощности соответствуют в конце линии.

Значения удельных сопротивлений для кабельных линий приведены в таблице 22.

Таблица 22 – Удельные активные и индуктивные сопротивления трехжильных кабелей

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номинальное  сечение жилы  мм2 | Активное сопротивление жил при +200С, Ом/км | | Индуктивное сопротивление, Ом/км, при номинальном напряжении кабеля, кВ | |
| алюминиевых | медных | 6 | 10 |
| 16 | 1,94 | 1,15 | 0,102 | 0,113 |
| 25 | 1,24 | 0,74 | 0,091 | 0,099 |
| 35 | 0,89 | 0,52 | 0,087 | 0,095 |
| 50 | 0,62 | 0,37 | 0,083 | 0,090 |
| 70 | 0,443 | 0,26 | 0,080 | 0,086 |
| 95 | 0,326 | 0,194 | 0,078 | 0,083 |
| 120 | 0,258 | 0,153 | 0,076 | 0,081 |
| 150 | 0,206 | 0,122 | 0,074 | 0,079 |
| 185 | 0,167 | 0,099 | 0,073 | 0,077 |
| 240 | 0,129 | 0,077 | 0,071 | 0,075 |

#### *Ход работы*

1. Необходимые исходные данные принять по результатам практической работы №3 в соответствии с индивидуальным вариантом.
2. Выбрать электрооборудование и токоведущие части по условиям короткого замыкания в точках заданных в практической работе №3.
3. Сдать практическую работу в указанные преподавателем сроки.

*Примечание:* для выполнения практической работы можно использовать рабочую тетрадь по МДК 03.01 «Внешнее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

### Практическая работа № 6

**Расчет электрических нагрузок предприятия**

*Цель работы:* научиться рассчитывать электрические нагрузки промышленного предприятия с электроприемниками различного назначения и номинального напряжения

**В результате выполнения практической работы формируются:**

*умения:*

- составлять отдельные разделы проекта производства работ;

- выполнять расчет электрических нагрузок электрических сетей, осуществлять выбор токоведущих частей на разных уровнях напряжения;

- выполнять проектную документацию с использованием персонального компьютера;

*знания:*

- основных методов расчета и условий выбора электрических сетей;

- технических характеристик элементов линий электропередачи и технические требования, предъявляемые к их работе;

- конструктивных особенностей и технических характеристик трансформаторных подстанций и распределительных пунктов, применяемых на сетях 0,4-20 кВ;

*элементы следующих компетенций:*

ПК 3.4 Участвовать в проектировании электрических сетей.

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках;

***Теоретический материал***

Активная трансформируемая мощность цехов Рр.∑Н, кВт, определяется по формуле:

.

Рр.∑Н=∑Рр.нн+∑Рр.он,

где ∑Рр.нн – активная расчетная силовая нагрузка цехов предприятия на напряжении до 1 кВ (принимается по таблице 24, графа 2), кВт;

∑Рр.он – активная расчетная осветительная нагрузка цехов предприятия (принимается по таблице 24), кВт.

Реактивная трансформируемая мощность цехов Qр.∑Н, квар, определяется по формуле:

.

Qр.∑Н=∑Qр.нн+∑Qр.он,

где ∑Qр.нн – реактивная расчетная силовая нагрузка цехов предприятия на напряжении до 1 кВ (принимается по таблице 24), квар;

∑Qр.он – реактивная расчетная осветительная нагрузка цехов предприятия (принимается по таблице 24), квар.

Полная трансформируемая мощность цехов Sр.∑Н, кВА, определяется по формуле:

Суммарные потери активной мощности в трансформаторах цеховых подстанций и цеховых сетях напряжением до 1 кВ ∆РЦ, кВт, определяются по формуле:

∆РЦ=0,03 Sр.∑Н

Суммарные потери реактивной мощности в трансформаторах цеховых подстанций и цеховых сетях напряжением до 1 кВ ∆QЦ, квар, определяются по формуле:

∆QЦ=0,1 Sр.∑Н

Коэффициент одновременности максимумов силовой нагрузки Ко.max определяется по таблице 23 в зависимости от средневзвешенного коэффициента использования электрооборудования цехов (принимается по таблице 24).

Таблица 23 – Значения коэффициента одновременности силовой нагрузки Ко.max

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Коэффициент одновременности силовой нагрузки Ко.max | | |
| Ки≤0,3 | 0,3˂Ки˂0,5 | Ки ≥0,5 |
| 0,75 | 0,8 | 0,85 |

Расчетная активная мощность предприятия РрПП, кВт, определяется по формуле:

Рр.ПП=(∑Рр.нн+∑Рр.вн) Kо.max+∑Рр.он+∆РЦ

где ∑Рр.вн – активная расчетная силовая нагрузка цехов предприятия на напряжении выше 1 кВ (принимается по таблице 24), кВт.

Расчетная реактивная мощность предприятия QрПП, квар, определяется по формуле:

Qр.ПП=(∑Qр.нн+∑Qр.вн -∑Qсд) Kо.max+∑Qр.он+∆QЦ

где ∑Qр.вн – реактивная расчетная силовая нагрузка цехов предприятия на напряжении выше 1 кВ (принимается по таблице 24), квар;

∑Qсд – реактивная мощность синхронных двигателей предприятия (принимается по таблице 24), квар.

Полная расчетная мощность предприятия , кВА, определяется по формуле:

#### Ход работы

1. Необходимые исходные данные принять по таблице 24 в соответствии с индивидуальным вариантом.
2. По представленному выше алгоритму рассчитайте электрические нагрузки предприятия.
3. Сдайте отчетную работу преподавателю в установленные сроки.

*Примечание:* для выполнения практической работы можно использовать рабочую тетрадь по МДК03.01 «Внешнее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

Таблица 24 – Исходные данные для практической работы №6

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Расчетные нагрузки цехов | | | | | | | Средневзвещенный  коэффициент  использования  электрооборудования цехов Ки |
| силовые | | | | осветительные | | синхронных двигателей  ∑QСД, квар |
| до 1 кВ | | выше 1 кВ | | активные  ∑Рр.он, кВт | реактивные  ∑Qр.он, квар |
| активные  ∑Рр.нн, кВт | реактивные  ∑Qр.нн, квар | активные  ∑Рр.вн, кВт | реактивные  ∑Qр.вн, квар |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | 340 | 100 | 150 | 45 | 50 | 10 | 20 | 0,25 |
| 2 | 350 | 110 | 155 | 48 | 55 | 23 | 23 | 0,3 |
| 3 | 360 | 120 | 160 | 50 | 50 | 20 | 25 | 0,35 |
| 4 | 370 | 125 | 165 | 53 | 20 | 11 | 12 | 0,4 |
| 5 | 380 | 130 | 170 | 55 | 35 | 10 | 50 | 0,45 |
| 6 | 390 | 135 | 175 | 58 | 38 | 12 | 23 | 0,5 |
| 7 | 400 | 140 | 180 | 60 | 40 | 16 | 25 | 0,55 |
| 8 | 410 | 145 | 185 | 63 | 42 | 18 | 18 | 0,6 |
| 9 | 420 | 150 | 190 | 65 | 44 | 19 | 17 | 0,65 |
| 10 | 430 | 155 | 195 | 68 | 46 | 21 | 25 | 0,7 |
| 11 | 440 | 160 | 200 | 70 | 48 | 22 | 24 | 0,25 |
| 12 | 450 | 165 | 205 | 73 | 50 | 24 | 31 | 0,3 |
| 13 | 460 | 170 | 210 | 75 | 51 | 25 | 35 | 0,35 |
| 14 | 470 | 175 | 215 | 78 | 52 | 27 | 23 | 0,4 |
| 15 | 480 | 180 | 220 | 80 | 54 | 28 | 22 | 0,45 |
| 16 | 490 | 185 | 225 | 83 | 56 | 20 | 26 | 0,5 |
| 17 | 500 | 190 | 230 | 85 | 58 | 21 | 29 | 0,55 |
| 18 | 510 | 195 | 235 | 90 | 59 | 22 | 34 | 0,6 |
| 19 | 520 | 200 | 240 | 92 | 60 | 24 | 40 | 0,65 |
| 20 | 530 | 210 | 245 | 94 | 61 | 25 | 37 | 0,7 |
| 21 | 540 | 220 | 250 | 96 | 62 | 27 | 41 | 0,25 |
| 22 | 560 | 230 | 255 | 98 | 64 | 28 | 42 | 0,3 |
| 23 | 570 | 240 | 260 | 100 | 65 | 30 | 45 | 0,35 |
| 24 | 580 | 250 | 270 | 102 | 68 | 31 | 47 | 0,4 |
| 25 | 590 | 260 | 280 | 104 | 69 | 30 | 48 | 0,45 |
| 26 | 600 | 270 | 290 | 106 | 69 | 26 | 43 | 0,5 |
| 27 | 610 | 280 | 300 | 108 | 69 | 21 | 45 | 0,55 |
| 28 | 620 | 290 | 310 | 110 | 55 | 18 | 47 | 0,6 |
| 29 | 630 | 300 | 320 | 112 | 43 | 13 | 50 | 0,65 |
| 30 | 640 | 310 | 330 | 114 | 45 | 12 | 51 | 0,7 |

### Практическая работа № 7

**Выполнение схем городских электрических сетей**

**с использованием компьютерных графических редакторов**

*Цель работы*: научиться выполнять схемы городских электрических сетей с использованием компьютерных графических редакторов в соответствии с требованиями нормативных документов.

**В результате выполнения практической работы формируются:**

*умения:*

- составлять отдельные разделы проекта производства работ;

- выполнять проектную документацию с использованием персонального компьютера;

*знания:*

- номенклатуры наиболее распространенных воздушных проводов, кабельной продукции и электромонтажных изделий;

- - технических характеристик элементов линий электропередачи и технические требования, предъявляемые к их работе;

- конструктивных особенностей и технических характеристик трансформаторных подстанций и распределительных пунктов, применяемых на сетях 0,4-20 кВ;

*элементы следующих компетенций:*

ПК 3.4 Участвовать в проектировании электрических сетей.

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

***Теоретический материал***

Схем построения городских распределительных сетей довольно много. Выбор той или иной схемы зависит в основном от требуемого уровня надежности электроснабжения электроприемников, а также от территориального расположения потребителей относительно ЦП или РП и относительно друг друга.

Наиболее простой и дешевой является распределительная сеть, выполненная по радиальной или магистральной схеме. По радиальной схеме каждая подстанция питается отдельной линией, а по магистральной одна линия питает несколько ТП.

Характерной особенностью этих схем является одностороннее электроснабжение потребителей. При аварии на любом участке линииили на шинах 6—10 кВ любой подстанции автоматически отключается головной масляный выключатель и все подстанции, присоединенные к данной линии, прекращают подачу электроэнергии потребителям на время ремонта. Поскольку в радиальных и магистральных схемах отсутствует резервное питание и, следовательно, обеспечивается минимальная надежность электроснабжения, такие схемы могут применяться только для питания электроприемников 3-й категории.

В городах широко распространена распределительная сеть 6—10 кВ, выполненная по петлевой схеме и состоящая из отдельных петлевых линий. Эта схема не автоматизирована, но создает возможность двустороннего питания каждой трансформаторной подстанции.

Как видно, петлевая схема не обеспечивает бесперебойного электроснабжения потребителей, так как повреждение любого участка сети или замена трансформатора требует отключения части потребителей на время, необходимое для производства переключений или ремонтных работ. Поэтому петлевые линии в распределительной сети применяются для электроснабжения электроприемников 2-й и 3-й категорий.

Для электроснабжения электроприемников 1-й, 2-й и 3-й категорий распространены автоматизированные разомкнутые распределительные сети 6 – 10 кВ с устройством АВР на стороне 6 – 10 или 0,4 кВ. Распределительные сети с АВР на стороне высокого напряжения чаще всего применяют для электроснабжения промышленных предприятий.

На территории города расположены потребители электрической энергии, требующие различной надежности электроснабжения. Потребители с электроприемниками 2-й и 3-й категорий потребляют около 86 – 90% от всей мощности, потребляемой городом, и только около 10 – 15% ее приходится на электроприемники 1-й категории. Для электроснабжения городских потребителей в больших городах, особенно в Москве, широко распространена так называемая двухлучевая схема распределительной сети 6 – 10 кВ с АВР на стороне низкого напряжения. Эта схема предусматривает питание каждой из подключаемых ТП двумя кабельными линиями (лучами) от двух центров питания. В каждом ТП устанавливается по два трансформатора мощностью по 630 кВА каждый. В цепи каждого силового трансформатора состороны напряжения до 1000 В устанавливаются контакторные станции или автоматические выключатели.

Схемы городских электрических сетей могут выполняться с использованием графических редакторов:

1. КОМПАС-График;
2. AutoCad;
3. NanoCad.

Выполнение схемы городских электрических сетей с использованием представленных графических редакторов представляет собой применение стандартных элементов из типовой библиотеки серии «Электрик» или ручную отрисовку элементов схемы в соответствии с требованиями к условным графическим изображениям в электрических схемах.

При выполнении задания необходимо использовать знания, полученные на дисциплине «Инженерная графика».

Для более подробного рассмотрения функций графического редактора КОМПАС-График рекомендуется использовать методические рекомендации фирмы-разработчика АСКОН «Азбука КОМПАС-График».

Пример заполнения основной надписи чертежа, выполненного с использованием графического редактора «КОМПАС-График», представлен на рисунке 12.

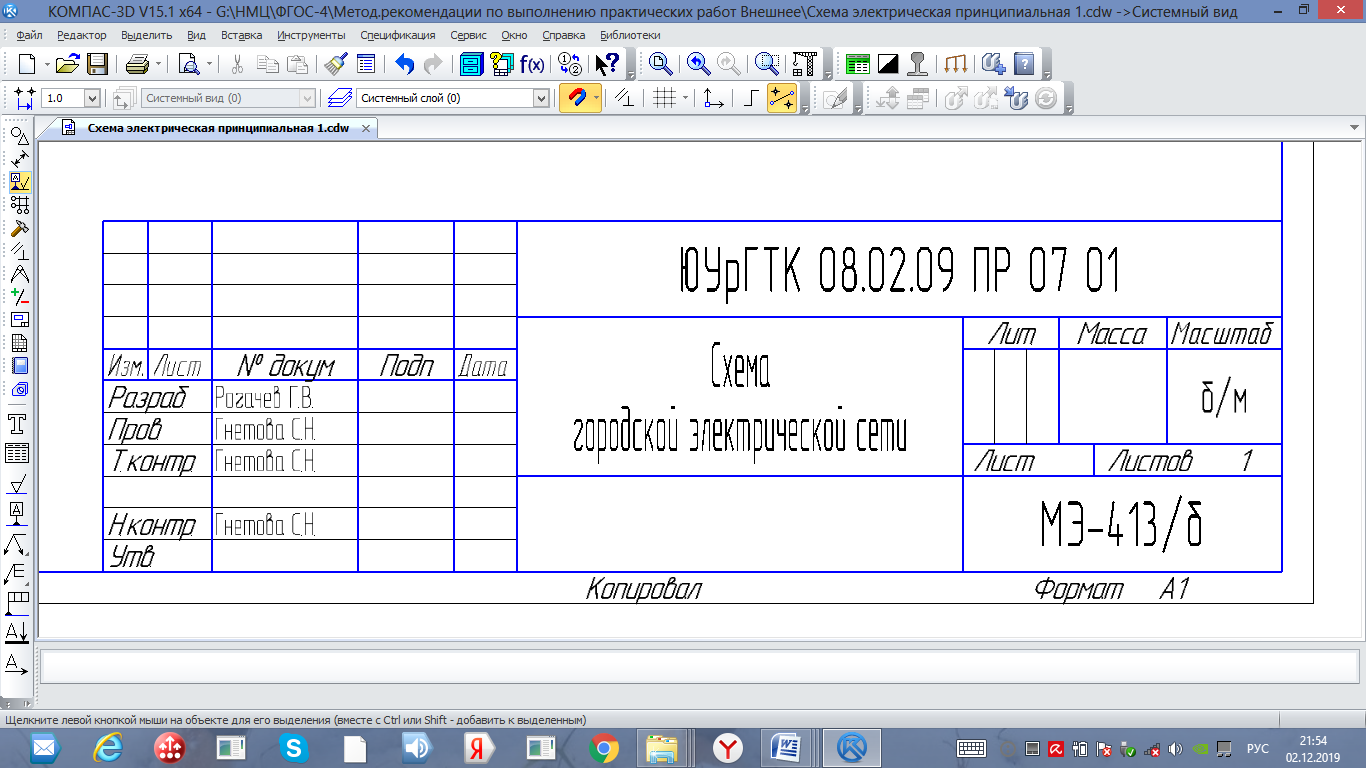


Рисунок 12 – Пример заполнения основной надписи чертежа

#### *Ход работы*

1. В соответствии с индивидуальным вариантом выполните схему городской электрической сети с использованием графического редактора «КОМПАС-График».
2. Представьте результаты в виде файла готового к выводу на печать.
3. Оформите и сдайте отчетную работу преподавателю в установленные сроки.

*Примечание:* для выполнения практической работы можно использовать рабочую тетрадь по МДК 03.01 «Внешнее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

### Практическая работа № 8

**Расчет электрических нагрузок микрорайона**

**Выбор числа и мощности трансформаторов подстанции**

|  |  |
| --- | --- |
| *Цель работы:* | 1. научиться определять расчетные нагрузки микрорайона; 2. научиться выбирать число и мощность трансформаторов подстанций микрорайона |

**В результате выполнения практической работы формируются:**

*умения:*

- составлять отдельные разделы проекта производства работ;

- выполнять расчет электрических нагрузок электрических сетей, осуществлять выбор токоведущих частей на разных уровнях напряжения;

- выполнять проектную документацию с использованием персонального компьютера;

*знания:*

- номенклатуры наиболее распространенных воздушных проводов, кабельной продукции и электромонтажных изделий;

- основных методов расчета и условий выбора электрических сетей;

- технических характеристик элементов линий электропередачи и технические требования, предъявляемые к их работе;

- конструктивных особенностей и технических характеристик трансформаторных подстанций и распределительных пунктов, применяемых на сетях 0,4-20 кВ.

*элементы следующих компетенций:*

ПК 3.4 Участвовать в проектировании электрических сетей.

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

***Теоретический материал***

Укрупненная расчетная электрическая нагрузка микрорайона (квартала) *Р*р.мр., кВт, приведенная к шинам 0,4 кВ ТП определяется по формуле

Рр.м.р. = (Рр.ж.зд.уд. + Робщ.зд.уд.) ⋅ S ⋅ 10-3

где Рр.ж.зд.уд. - удельная расчетная нагрузка жилых зданий, Вт/м2 приведена в таблице 25;

Робщ.зд.уд. - удельная нагрузка общественных зданий микрорайонного значения, принимаемая 6 Вт/м2;

S - общая площадь жилых зданий микрорайона (квартала), м2.

Полная расчетная мощность зданий микрорайона SР, кВА, определяется по формуле

где cosφ – коэффициент мощности (принимается по таблице 26).

Степень обеспечения надежности электроснабжения электроприемников жилых и общественных зданий определяется по таблице 27.

Таблица 25 – Удельные расчетные электрические нагрузки, Вт/м2, жилых зданий на шинах

0,4 кВ ТП

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №.  п.п. | Этажность  застройки | Здание с плитами | | |
| на природном газе | на сжиженном газе или твердом топливе | электрическими |
| 1. | 1-2 этажа | 15,0/0,96 | 18,4/0,96 | 20,7/0,98 |
| 2. | 3-5 этажей | 15,8/0,96 | 19,3/0,96 | 20,8/0,98 |
| 3. | Более 5 этажей с долей квартир выше 6 этажей |  |  |  |
|  | 20% | 15,6/0,94 | 17,2/0,94 | 20,2/0,97 |
|  | 50% | 16,3/0,93 | 17,9/0,93 | 20,9/0,97 |
|  | 100% | 17,4/0,92 | 19,0/0,92 | 21,8/0,96 |
| 4. | Более 5 этажей с квартирами повышенной комфортности (элитными) | - | - | 17,8/0,96 |

Таблица 26 – Расчетные коэффициенты реактивной мощности жилых домов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Потребитель электроэнергии | cos ϕ | tg ϕ |
| Квартиры с электрическими плитами | 0,98 | 0,2 |
| Квартиры с плитами на природном, газообразном или твердом топливе | 0,96 | 0,29 |

Таблица 27 – Степень обеспечения надежности электроснабжения электроприемников

жилых и общественных зданий

|  |  |
| --- | --- |
| Здания и сооружения | Степень обеспечения надежности  электроснабжения |
| *Жилые дома:* |  |
| противопожарные устройства (пожарные насосы, системы подпо­ра воздуха, дымоудаления, пожарной сигнализации и оповещения о пожаре), лифты, аварийное освещение, огни светового огражде­ния | I |
| Комплекс остальных электроприемников: |  |
| жилые дома с электроплитами (кроме 1-8-квартирных домов) | II |
| дома 1-8-квартирные с электроплитами | III |
| дома св. 5 этажей с плитами на газовом и твердом топливе | II |
| дома до 5 этажей с плитами на газовом и твердом топливе | III |
| на участках садоводческих товариществ | III |

Количество силовых трансформаторов на подстанции принимается согласно п.5.8 СП 31-110-2003 «Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий»:

- на встроенных ТП и КТП следует устанавливать не более двух масляных или заполненных негорючим экологически безопасным жидким диэлектриком трансформаторов мощностью до 1000 кВ·А каждый.

- число сухих трансформаторов не ограничивается.

Шкала номинальных мощностей силовых трансформаторов подстанции микрорайона принимается согласно п.5.8 и 5.11 СП 31-110-2003 «Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий»:

- в ТП, как правило, следует устанавливать силовые трансформаторы с глухозаземленной нейтралью со схемами соединения обмоток «звезда-зигзаг» при мощности до 250 кВ·А и «треугольник-звезда» при мощности 400 кВА и более;

- мощность сухих трансформаторов более 1000 кВ·А не рекомендуется;

Рекомендуемый коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме для принятой категории надежности электроснабжения определяется по таблице 28.

Таблица 28 – Рекомендуемые коэффициенты загрузки трансформаторов на подстанциях

|  |  |
| --- | --- |
| Характер нагрузки и вид трансформаторной подстанции | Коэффициенты загрузки  трансформаторов Кз |
| При преобладании нагрузок I категории на двухтрансформаторных трансформаторных подстанциях | 0,65 – 0,7 |
| При преобладании нагрузки II категории на однотрансформаторных подстанциях и взаимном резервировании трансформаторов по связям вторичного напряжения | 0,70 – 0,80 |
| При преобладании нагрузок II категории и при наличии централизованного (складского) резерва трансформаторов, а также при нагрузке III категории | 0,90 –0,95 |

Фактический коэффициент загрузки трансформатора в нормальном режиме определяется по формуле:

,

где – полная расчетная мощность зданий микрорайона, кВА;

 – количество трансформаторов на подстанции микрорайона, шт;

 – номинальная мощность одного трансформатора подстанции микрорайона, кВА.

Рекомендуемый коэффициент загрузки трансформатора в аварийном режиме  определяется с учетом системы охлаждения силового трансформатора.

С учетом допустимых перегрузок коэффициент загрузки в аварийном режиме должен быть:

* для сухих трансформаторов - 
* для масляных трансформаторов - 

Фактический коэффициент загрузки трансформатора в аварийном режиме определяется по формуле:



#### *Ход работы*

1. Необходимые исходные данные принять по таблице 29 в соответствии с индивидуальным вариантом.
2. По представленному выше алгоритму выполните расчеты.
3. Сдайте отчетную работу преподавателю в установленные сроки.

*Примечание:* для выполнения практической работы можно использовать рабочую тетрадь по МДК03.01 «Внешнее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

Таблица 29 - Исходные данные для практической работы №8

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Квартиры  с плитами | Этажность  застройки | Общая площадь жилых зданий микрорайона (квартала) S, м2 |
|  | на природном газе | 2 | 10000 |
|  | электрическими | 2 | 12500 |
|  | на природном газе | 3 | 15000 |
|  | электрическими | 3 | 18500 |
|  | на природном газе | 4 | 24000 |
|  | электрическими | 4 | 24500 |
|  | на природном газе | 5 | 35000 |
|  | электрическими | 5 | 45500 |
|  | на природном газе | 9 (20%) | 56000 |
|  | электрическими | 10 (20%) | 56500 |
|  | на природном газе | 9 (50%) | 70000 |
|  | электрическими | 10 (50%) | 75000 |
|  | на природном газе | 9 (100%) | 80000 |
|  | электрическими | 10 (100%) | 85000 |
|  | электрическими | 10 (20%) | 90000 |
|  | электрическими | 10 (50%) | 95000 |
|  | электрическими | 10 (100%) | 100000 |
|  | электрическими | 14 (20%) | 150000 |
|  | электрическими | 14 (50%) | 200000 |
|  | электрическими | 14 (100%) | 250000 |
|  | электрическими | 16 (20%) | 200000 |
|  | электрическими | 16 (50%) | 250000 |
|  | электрическими | 16 (100%) | 300000 |
|  | электрическими | 24 (20%) | 350000 |
|  | электрическими | 24 (50%) | 300000 |
|  | электрическими | 24 (100%) | 350000 |
|  | электрическими | 9 (20%) | 500000 |
|  | электрическими | 9 (50%) | 550000 |
|  | электрическими | 9 (100%) | 600000 |
|  | электрическими | 10 (50%) | 650000 |

**Список используемых источников**

***Основные источники:***

1. ГОСТ 2.105-2019. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.
2. ГОСТ 2.109-73\* Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам.
3. ГОСТ 2.301-68 Единая система конструкторской документации. Форматы.
4. ГОСТ 2.302-68 Единая система конструкторской документации. Масштабы.
5. ГОСТ 2.316-2008 Единая система конструкторской документации. Правила нанесения надписей, технических требований и таблиц на графических документах.
6. ГОСТ 2.702-2011 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем
7. ГОСТ 2.732-68 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Источники света.
8. ГОСТ 26522-85 Короткие замыкания в электроустановках. Термины и определения.
9. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
10. Правила устройства электроустановок – 7-е издание с изменен, испр. и доп. – Ч.: ИСЦ Дизайн-Бюро, 2004.
11. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная версия СНиП 23-05-95\*.
12. СП 256.1325800.2016 Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа

***Дополнительные источники:***

1. Справочное пособие по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» ПМ.02 «Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрооборудования промышленных и гражданских зданий» по МДК 03.01 «Внешнее электроснабжение промышленных и гражданских зданий». ПМ.03 «Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрических сетей» для специальности 08.02.09 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий» [Текст] / ГБПОУ «ЮУрГТК» ; С.Н.Гнетова. – Челябинск, 2018 – 124 с.

***Электронные источники:***

1. https://dom.sustec.ru/course/view.php?id=36 Электронный образовательный ресурс МДК03.01 Внешнее электроснабжение промышленных и гражданских зданий ПМ.03 Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрических сетей (разработчик Гнетова С.Н.).
2. <http://electrichelp.ru>

**Приложение А**

Министерство образования и науки Челябинской области

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение

# **Южно-Уральский государственный технический колледж**

##### ОТЧЕТНЫЕ РАБОТЫ

### по МДК03.01

### «Внешнее электроснабжение промышленных и гражданских зданий»

### ПМ.03 «Организация и выполнение работ по монтажу и наладке

### электрических сетей»

### специальности 08.02.09

### «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования

### промышленных и гражданских зданий»

###### Выполнил: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Группа: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Вариант\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

###### Проверил: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Челябинск, 2022